



**TUGAS AKHIR - RC145501**

**MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR DERMAGA BATUBARA  
PT. GRESIK JASATAMA UNTUK KAPAL 5.000 DWT,  
GRESIK JAWA TIMUR**

**YUDHISTIRA MUHARRAM AGATHAKARIEN**  
NRP. 3114.030.112

**MUHAMMAD PRIO AMBODO**  
NRP. 3114.030.127

**Dosen Pembimbing**  
**R. BUYUNG ANUGRAHA A, S.T, M.T.**  
NIP. 19740203 200212 1 002

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK SIPIL**  
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2017



**TUGAS AKHIR - RC145501**

**MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR DERMAGA BATUBARA  
PT. GRESIK JASATAMA UNTUK KAPAL 5.000 DWT,  
GRESIK JAWA TIMUR**

**YUDHISTIRA MUHARRAM AGATHAKARIEN**  
NRP. 3114.030.112

**MUHAMMAD PRIO AMBODO**  
NRP. 3114.030.127

Dosen Pembimbing  
**R. BUYUNG ANUGRAHA A, S.T, M.T.**  
NIP. 19740203 200212 1 002

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK SIPIL**  
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2017





**FINAL PROJECT - RC145501**

**DESIGN MODIFICATION STRUCTURE OF THE COAL  
PORT, PT GRESIK JASATAMA FOR 5.000 DWT,  
GRESIK, EAST JAVA**

**YUDHISTIRA MUHARRAM AGATHAKARIEN**  
NRP. 3114.030.112

**MUHAMMAD PRIO AMBODO**  
NRP. 3114.030.127

Dosen Pembimbing  
R. BUYUNG ANUGRAHA A, S.T, M.T.  
NIP. 19740203 200212 1 002

**DIPLOMA III CIVIL ENGINEERING**  
Civil Infrastructure Engineering Department  
Vocational Faculty  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2017



# LEMBAR PENGESAHAN

## MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR DERMAGA BATUBARA PT. GRESIK JASATAMA UNTUK KAPAL 5.000 DWT, GRESIK JAWA TIMUR

### Tugas Akhir Terapan

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Ahli Madya  
pada  
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Mahasiswa I



Yudhistira Muharram Agathakarien

3114030112

Mahasiswa II



Muhammad Prio Ambodo

3114030127

Disetujui Oleh Dosen Pembimbing  
Tugas Akhir Terapan:




R. Buyung Anugraha A., ST.MT.

NIP. 19740203 200212 1 002

Surabaya, 17 Juli 2017

28 JUL 2017  
26/07



Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjiilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
		
	R. Buyung Andagraha A, ST.MT NIP 19740203 200212 1 002	- NIP -



# KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947837 Fax. 031-5938025

<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

## ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama

: 1 YUDHISTIRA MUHAMMAD A

2 311403012

NRP

: 1 MUHAMMAD PRIO AMBODO

2 3114030123

Judul Tugas Akhir

: MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR DERAGA BATUBARA PT. GRESEK JASATAMBA  
WAKUF KAPAL 500 DWT GRESEK - JAWATIMUR

Dosen Pembimbing

: R. Bujang Anugraha A., ST., MT.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1	22 February 2017	- Dolphin (dih paku dari kapal (mooring) - Susut tali kawat serang, panjang deraga 100% +10% (jarak antar kapal), fender dolphin tak perlu, panjang arah setan diseti deraga baji, Hanyu pembatasan (Gempa paksi 2012),		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	16 Maret 2017	- Bedakan pembelannya, belanda, di man, Lengkungan (arus gempa), dll - Beban gempa, Kena gempa - Klasifikasi tanah (permodelan spring), Percepatan - Cek elevasi muka air, jarak pre lim tanak - Beban crane		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	6 April 2017	- Ukuran pada detail gambar - Detail crane, Pemotongan gambar - diperlihatkan Delatasi, posisi fender tepi - Perhitungan absorpsi energi pada fender - Pembatasan crane kerdap bbrpn kondisi, banyak kombinasi, beban arus dipakai yg paling besar, beban gelombang cek L (dari angin) - Gempa 2013 gempa (AASTO) 75 tln - beban UDL pakai pengkalan + kombinasi		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket.

- B = Lebih cepat dari jadwal
- C = Sesuai dengan jadwal
- K = Terlambat dari jadwal





# KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947837 Fax. 031-5938025

<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

## ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 2  
NRP : 1 2  
Judul Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing :

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
4	27-04-2017	- Mengcilkan diameter tiang pancang hingga 0,7-0,8 (warna kuning/orange).				
		- Memastikan Crane untuk 5000 DWT.		B	C	K
		- Mencari beban crane dengan menentukan 3 titik posisi hook.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Untuk Struktur bawah memakai beban layan, untuk struktur atas memakai beban ultimate.		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Cek prelim desain untuk kapasitas geser penampang ( $V_u$ )				
		- Besarkan penampang		B	C	K
		- Cek fender untuk elevasi pasang surut, <del>mem</del> membentuk seluruh atau hanya sebagian.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	09-05-2017	- Crane memakai grab, kemudi 45°		B	C	K
		- TP miring diganti permodelannya sudut 30,2 & 60°. Diameter TP 60-70		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Perbesar Virtual kolom		B	C	K
		- Plat 30 cm dan ditambah balok anak 3/4 dari balok utama, divide <sup>Plat</sup> 35 cm.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket.

B = Lebih cepat dari jadwal

C = Sesuai dengan jadwal

K = Terlambat dari jadwal



### ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

**Nama** : 1 YUDHISTIRA MUHAMMADA 2 31403012  
**NRP** : 1 MUHAMMAD PRIO AMBOLD 2 31403012  
**Judul Tugas Akhir** : MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR VERMAGA RAMBARA PT GRESEK JASA PAMA  
 UNTUK KAPAL BOOD AUT GRESEK-JAWA TIMUR  
**Dosen Pembimbing** : R. BUNUNG ANUGRAHA A. ST. MT

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
6	25 Mei 2017	- beban satu satuan + in', dibagi rata				
		- sip memakai moving load / kel dg brang				
		kombinasi		B	C	K
		- sip dimodifikasi satu dan dipisah sendiri		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		dan cukup kuat satu				
		- kirim email pasang surat, pastikan				
		draft kapal saat kosong dan penuh pd		B	C	K
		kondisi LWS		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- penggambaran HWS, LWS, MSL, dsb				
		- kapal <del>untuk</del> periksa syarat Ereggation				
		elevasi dermaga (LWL = 0.00)		B	C	K
		- Penambahan gambar kapal di LWL		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Kapal penuh dan HWL kapal kosong				
		(for Juni 2017)				
				B	C	K
7	30 Mei 2017	- elevasi dermaga memakai +3,028 m		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		dan memakai pasut LWL = 0 HWL = 28cm				
		- Fender minimal setengah yang tertinggi				
		- Cek hitungan gelombang		B	C	K
		- Coba besar balok 80 x 100		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Ket** :  
 B = Lebih cepat dari jadwal  
 C = Sesuai dengan jadwal  
 K = Terlambat dari jadwal



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
**FAKULTAS VOKASI**  
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116  
 Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025  
<http://www.dipicmasipil-its.ac.id>

**ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN**

**Nama** : 1 YUDHISTIRA MUTHARAM A  
**NRP** : 1 3114030111  
**Judul Tugas Akhir** :

2 MUHAMMAD PRIO AMBODO  
 2 3114030127

**Dosen Pembimbing** :

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
8	15-Juni 2017	Ujung tang paucang diberi seperti Bambar kapal pd CWS Plank fender dipanjangkan lagi Cek beban <del>40</del> Crane pd sup 2000		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	04-Juli 2017	Jarak gambar diperbaiki Urutan gambar diperbaiki detail gambar diperbaiki: refleksi, horizontal pada dolphin dicek - 40 x 1000 lisplank & balok plank fender - Tulangan geser coba dipelikan D13 - Jarak dibuat minimal 100, Cek tulangan punta - Untuk plat hanya kombinasi beban hidup dan beban mati - Tulangan puntir / torsio jika blok tinggi h < 30 cm maka terdpt tulangan torsio 1		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket :  
 B = Lebih cepat dari jadwal  
 C = Sesuai dengan jadwal  
 K = Terlambat dari jadwal





# KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60118

Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025

<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

## ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama

: 1 YUDHISTIRA M.A

2 Irawan AMBODO

NRP

: 1 3114030112

2 3114030127

Judul Tugas Akhir

: MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR DERMAGA BATUBARA PT. GRESIK JASATAMA UNTUK KAPAL 5000 DWT, GRESIK JAWA TIMUR

Dosen Pembimbing

: R-BUYUNG ANUGRAHA, S.T, M-T

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
10	11 Juli 2017	- Tanah diganti sisi darat				
		- Catwalk diganti beton				
		- Unloading diganti arus lalu lintas pada dermaga, dijadikan satu dengan pelat		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Tangg diteruskan sampai ujung				
		- Detail Semua langsung diperbesar	Df	B	C	K
		- Posisi Tender dan bollard diakhir		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		(Re Lay out, Denah, tampak, potongan rencana pondasi @pilcap @balok, @plat, Detail penulangan, dolphin, trestle, fender bollard)		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Ukuran balok fender diperbaiki				
		- Cek penulangan balok memanjang, melintang		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Cek penulangan pada shear ring				
		- bahan plat 1,2 dan 1,6				
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket

- B = Lebih cepat dari jadwal
- C = Sesuai dengan jadwal
- K = Terlambat dari jadwal

**MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR DERMAGA  
BATUBARA PT. GRESIK JASATAMA UNTUK KAPAL  
5.000 DWT, GRESIK JAWA TIMUR**

**Nama Mahasiswa : Yudhistira Muharram A.**  
**NRP : 3114030112**  
**Jurusan : D-III Teknik Infrastruktur Sipil ITS**  
**Nama Mahasiswa : Muhammad Prio Ambodo**  
**NRP : 3114030127**  
**Jurusan : D-III Teknik Infrastruktur Sipil ITS**  
**Dosen Pembimbing : R. Buyung Anugraha A.,ST.MT.**  
**NIP : 19740203 200212 1 002**

**ABSTRAK**

*Dermaga batubara PT Gresik Jasatama terletak di Kabupaten Gresik, Jawa Timur. Struktur dermaga batubara didesain untuk memperlancar pendistribusian batubara lewat transportasi laut.*

*Pada Tugas akhir ini dermaga tersebut direncanakan untuk kapal 2 x 5.000 DWT yang meliputi perencanaan dimensi dan penulangan struktur sandar dan tambat kapal. Struktur atas dermaga (Plat lantai, Balok, dan Pile Cap) menggunakan beton bertulang dengan cor ditempat (in situ). Sedangkan struktur bawah dermaga menggunakan tiang pancang baja dan posisi pemasangan tiang pancang ini direncanakan sedemikian rupa agar mampu menahan gaya vertikal dan horizontal. Dalam perencanaan struktur dermaga ini, dianalisis dengan menggunakan software SAP2000 v 14. Penetapan dimensi mengacu pada *Standard Design Criteria for Ports in Indonesia, 1984, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung SNI 03 - 2847 - 2013, Perencanaan Pelabuhan, Bambang Triatmodjo, 2009.**

*Dari perhitungan yang penulis rencanakan, juga di uraikan tentang metode pelaksanaan pemancangan tiang pancang, yang nantinya diharapkan dapat memperlancar proses bongkar muat batubara.*

*Dalam Tuas akhir terapan ini, terdapat 2 struktur yang di hitung diantaranya pertama mooring dolphin sebagai struktur khusus untuk tambat kapal dan dermaga itu sendiri sebagai penggerak segala kegiatan bongkar muat batu bara. Struktur bawah direncanakan menggunakan pondasi tiang pancang baja (steel pipe pile) diameter 609,6mm tebal 16mm pada seluruh struktur dermaga. Untuk struktur yang menggunakan beton, dipakai beton mutu  $f'c = 29,05$  MPa seperti plat dermaga, balok, dan dipakai beton mutu  $f'c = 41,5$  MPa seperti pile cap, mooring dolphin, concrete filter pada pancang.*

*Dari hasil modifikasi desain dermaga batu bara diperoleh dimensi dermaga sepanjang 175m dan lebar 23,5m. Dimensi pelat tinggi 35 cm dan balok diantaranya untuk crane 600mm x 1000mm, balok melintang dan memanjang 600mm x 900mm, balok tepi 300mm x 500mm kemudian ada balok listplank 400mm x 1000mm, dan balok fender 1000mm x 3000mm. Dimensi pilecap 1200 x 1200 x 1200 untuk dermaga pile cap tegak, 2100 x 1200 x 1200 untuk dermaga pile cap miring. Dermaga menggunakan Jib Portal crane..*

***Kata kunci : Dermaga, Struktur Dermaga, Kapal 2x5000 DWT***

**DESIGN MODIFICATION STRUCTURE OF THE COAL  
PORT, PT GRESIK JASATAMA FOR 5.000 DWT,  
GRESIK, EAST JAVA**

**Name of Student : Yudhistira Muharram A.**  
**NRP : 3114 030 112**  
**Department : D-III Teknik Infrastruktur Sipil ITS**  
**Name of Student : Muhammad Prio Ambodo**  
**NRP : 3114 030 127**  
**Department : D-III Teknik Infrastruktur Sipil ITS**  
**Advise : R. Buyung Anugraha A, ST., MT.**  
**NIP : 19740203 200212 1 002**

**ABSTRACT**

*PT Gresik Jasatama coal Port located in Gresik, East Java. Coal Port structure designed to facilitate distribution of coal through maritime transport.*

*At the end of the port, this Task is planned to ship 2 x 5,000 DWT that includes planning dimension and reinforcement structure of the docking of the ship and the recliner. The upper structure of the Port (platform, beam and Pile Cap) using reinforced concrete with cast in place (in situ). While the structure below the dock using steel pile mounting position and this pile is planned in such a way in order to be able to withstand the vertical and horizontal style. In planning this port structure, analyzed by using SAP2000 software v 14. Designation dimensions refer to the Standard Design Criteria for Ports in Indonesia, 1984, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung SNI 03 -*

**2847 – 2013, Perencanaan Pelabuhan, Bambang Triatmodjo, 2009.**

*The calculation of the authors of the plan, also describe implementation method of piling the pile, which was later expected to streamline the process of unloading coal.*

*In the end of the Lever is applied, there are two structures in the count among them the first mooring dolphin structure specifically for the docking of the ship and the dock itself as the driving force of all activities of loading and unloading coal. Under the planned structure using Foundation powerboats steel (steel pipe pile) diameter thick 609,6mm, 16 mm on the entire structure of the port. For structures using concrete, worn concrete quality  $f_c = 29.05 \text{ MPa}$  as plat Port, beam, and used the concrete quality of  $f_c' = 41.5 \text{ MPa}$  as pile cap, mooring dolphin, concrete filter on the pile.*

*Results from a modification of the design of the coal Port dock along the dimensions obtained 175m and width of 23, 5 m. Dimensions 35 cm high plates and beams which were for crane 600 mm x 1000mm, transverse beam and elongated 600 mm x 300 mm edges, beams 900m x 500 m then there is 400 mm listplank x 1000mm beam, and the beam fender 1000mm x 3000mm x 1200 Dimension pilecap. 1200 x 1200 for Port pile cap upright, 2100 x 1200 x 1200 for Port pile cap tilted. The dock using the Jib of Portal crane.*

**Keywords:** port, port structure, Ship 2x5000 DWT

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kehadirat Allah SWT karena berkat Rahmat dan Karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “Modifikasi Desain Struktur Dermaga Batubara PT. Gresik Jasatama Untuk Kapal 5.000 DWT”. Tugas Akhir merupakan salah satu syarat akademik yang harus ditempuh mahasiswa untuk menyelesaikan pendidikan Diploma III Teknik Infrastruktur Sipil, Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam penyusunan dan penulisan Tugas Akhir ini, Penulis tidak terlepas dari bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis dengan senang hati menyampaikan terima kasih kepada yang terhormat :

1. Bapak R. Buyung Anugraha A.,ST.MT. selaku dosen pembimbing.
2. Orang tua kami yang telah memberi dorongan baik moril maupun materil yang tak terhingga.
3. Semua pihak dan instansi yang telah membantu dalam penyusunan Proposal Akhir.
4. Serta teman – teman yang telah membantu dalam penyelesaian proposal tugas akhir

Semoga Allah SWT memberikan balasan yang berlipat ganda kepada semuanya.

Di dalam Penyusunan Tugas Akhir ini, penulis menyadari masih jauh dari sempurna. Untuk itu kritik dan saran yang bersifat

membangun sangat kami harapkan demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Demikian yang dapat penulis sampaikan. Terima kasih sekali kepada semua yang telah ikut berperan dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Semoga penulisan Tugas Akhir bisa berguna bagi semua.

Surabaya, 17 Juli 2017

Penulis,

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK .....	iii
ABSTRACT .....	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL .....	xix
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penulisan.....	3
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.5 Manfaat Penulisan.....	3
1.6 Lokasi Studi .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. Tinjauan umum .....	7
2.2. Dasar Perencanaan Dermaga .....	8
2.3. Kriteria Perencanaan .....	9
2.3.1. Pemilihan tipe dermaga.....	9
2.3.2. Perencanaan dimensi dermaga .....	11



2.4 Perencanaan konstruksi atas dermaga ( <i>upper structure</i> ).....	13
2.4.1 Perencanaan pelat dermaga.....	14
2.4.2 Perencanaan Dimensi Balok .....	15
2.4.3. Perencanaan Dimensi Poer ( <i>pile cap</i> ) .....	17
2.4.4. Perencanaan Bollard .....	17
2.4.5. Perencanaan Fender .....	18
2.4.6 Perencanaan Dimensi Tiang Pancang.....	22
2.5 Perencanaan pembebanan dermaga .....	23
2.5.1 Pembebanan arah vertikal .....	23
2.5.2. Pembebanan arah horizontal .....	25
2.5.3 Pengaruh situs .....	37
2.5.4 Kombinasi Pembebanan.....	42
2.6 Perencanaan konstruksi bawah dermaga ( <i>lower structure</i> ).....	43
2.6.1 Pemilihan tiang pancang .....	43
2.6.2 Perencanaan tiang pancang .....	44
2.7 Analisa Struktur dan Penulangan .....	47
2.7.1 Perencanaan Penulangan Plat .....	47
2.7.2 Kontrol Stabilitas Plat Lantai Dermaga .....	49
2.7.3 Penulangan pada Balok.....	50
2.7.4 Kontrol Stabilitas Balok.....	55

2.7.5 Penulangan Poer .....	56
2.7.6 Penulangan Shear Ring .....	56
2.8 Uraian Pelaksanaan Pemancangan Tiang Pancang ....	57
2.8.1 Pekerjaan Persiapan Awal .....	57
2.8.2 Pekerjaan Persiapan Pemancangan .....	58
2.8.3 Pekerjaan Pemancangan .....	58
BAB III METODOLOGI .....	61
3.1. Pengumpulan Data .....	62
3.2 Spesifikasi Kapal .....	62
3.3 Spesifikasi Dermaga .....	62
3.4 Analisa Perencanaan Struktur .....	63
3.5 Penulisan Laporan.....	65
3.6 Penggambaran Struktur.....	65
3.7 Pemaparan Pelaksanaan Pemancangan Tiang Pancang .....	65
3.8 Flow Chart .....	66
BAB IV KRITERIA DESAIN .....	69
4.1. Kriteria Kapal Rencana .....	69
4.2. Material.....	69
4.2.1 Beton.....	69
4.2.2 Baja Tulangan .....	70
4.2.3 Tiang Pondasi .....	70

4.3. Penetapan Tata Letak dan Dimensi.....	70
4.3.1 Penetapan Tata Letak .....	71
4.4. Pembebanan .....	82
4.4.1 Beban Vertikal.....	82
4.4.2 Beban Horizontal.....	87
BAB V ANALISA STRUKTUR .....	101
5.1 Analisa Struktur.....	101
5.1.1 Model Dermaga, Mooring Dophin, Catwalk ...	101
5.1.2 Model Struktur Plat .....	102
5.2 Perencanaan Plat .....	108
5.2.1 Penulangan Plat Dermaga.....	108
5.2.2 Kontrol Lendutan Plat .....	116
5.3 Perencanaan Balok .....	117
5.3.1 Penulangan Balok Dermaga .....	117
5.4 Perencanaan Balok Fender .....	129
5.5 Perencanaan Pile Cap.....	131
5.5.1 Penulangan Pilecap Tipe A .....	131
5.5.2 Penulangan Pilecap Tipe B.....	134
5.5.3 Penulangan Pilecap Tipe C.....	138
5.6 Perencanaan Mooring Dolphin .....	141
5.7 Perhitungan Panjang Penyaluran ke Struktur Atas dan Base Plate Dermaga.....	144

5.8	Perhitungan Daya Dukung Struktur Bawah .....	147
5.8.1	Konstanta Pegas.....	151
5.9	Metode Pelaksanaan .....	153
5.9.1	Uraian Pelaksanaan Pemancangan Tiang Pancang 153	
BAB VI PENUTUP .....		159
6.1.	Kesimpulan.....	159
6.2.	SARAN.....	163
DAFTAR PUSTAKA.....		165



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Lokasi Proyek Pembangunan Dermaga PT. Gresik Jasatama .....	5
Gambar 1.2. Peta Letak Lokasi Dermaga.....	5
Gambar 2.2. Elevasi lantai dermaga.....	11
Gambar 2.3 Layout dermaga .....	13
Gambar 2.4 Bollard .....	18
Gambar 2.5. Berbagai macam fender karet dan energinya.Sumber : Port Design, Carl A Thoresen. ....	20
Gambar 2.6 Faktor P/Ef untuk berbagai fender karet.....	22
Gambar 2.7 Pembebanan Truk (sumber : RSNI T-02-2005) .....	24
Gambar 2.8 Jarak sandar kapal ke pusat berat kapal.....	27
Gambar 2.9 Grafik koefisien blok .....	28
Gambar 2.10 Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun .....	35
Gambar 2.11 Peta respons spektra percepatan 0.2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun.....	36
Gambar 2.12 Peta respons spektra percepatan 1 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun.....	36
Gambar 2.13 Bentuk tipikal respons spektra dipermukaan tanah.....	41
Gambar 3.1 bagan alir perencanaan tugas akhir (flow chart).....	68
Gambar 4.1. Layout Dermaga .....	72
Gambar 4.2. Posisi Dermaga terhadap Kapal.....	74
Gambar 4.4. Tampak Depan Dermaga .....	75

Gambar 4.5. Tampak Samping Dermaga .....	76
Gambar 4.6 Permodelan pembebanan crane kondisi I dan II .....	86
Gambar 4.7 Permodelan pembebanan crane kondisi III.....	87
Gambar 4.8. Dyna Arch Fender Tipe A .....	90
Gambar 4.9. Gaya yang Bekerja Pada Bollard/Boulder .....	91
Gambar 4.10. Data Bollard yang dipakai Sisi Laut .....	94
Gambar 4.11. Model gelombang .....	95
Gambar 4.12 Grafik Respons Spektrum.....	100
Gambar 5.1. Model Struktur Dermaga .....	101
Gambar 5.2. Model Struktur Mooring Dolphin.....	102
Gambar 5.3. Tipe Tumpuan Plat Tepi .....	103
Gambar 5.4. Kontur momen plat akibat beban mati merata M11 .....	103
Gambar 5.5. Kontur momen plat akibat beban mati merata M22 .....	104
Gambar 5.6. Kontur momen plat akibat beban truk M11 .....	104
Gambar 5.7. Kontur momen plat akibat beban truk M22.....	104
Gambar 5.8. Kontur momen plat akibat beban Crane M11.....	105
Gambar 5.9. Kontur momen plat akibat beban Crane 1 M22...	105
Gambar 5.10. Kontur momen plat akibat beban hidup UDL1 M11 .....	105
Gambar 5.11. Kontur momen plat akibat beban hidup UDL1 merata M22.....	106

Gambar 5.12. Kontur momen plat akibat beban hidup UDL3 merata M11 .....	106
Gambar 5.13. Kontur momen plat akibat beban hidup UDL3 merata M22 .....	107
Gambar 5.14. Kontur momen plat akibat beban hidup UDL5 merata M11 .....	107
Gambar 5.15. Kontur momen plat akibat beban hidup UDL5 merata M22 .....	107
Gambar 5.16 Detail Balok Fender.....	129
Gambar 5.17 Tampak Atas Pilecap Tipe A.....	131
Gambar 5.18 Tampak Atas Pilecap Tipe B .....	134
Gambar 5.19 Tampak Atas Mooring Dolphin.....	141
Gambar 5.20 Crane memancang tiang pancang lower section..	153
Gambar 5.21 Pengelasan .....	154
Gambar 5.22 Sedang dilakukannya kalendering .....	155
Gambar 5.23 Metoda arus terpasang.....	157
Gambar 5.24 Metoda Anoda .....	158





## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Elevasi Dermaga diatas HWS .....	12
Tabel 2.2 Ketentuan Penetapan Boulder .....	17
Tabel 2.3 Hubungan antara diameter boulder dengan gaya tarik	18
Tabel 2.4 Kecepatan kapal .....	32
Tabel 2.5 Gaya tarik bolder.....	33
Tabel 2.6 Penempatan bitt.....	33
Tabel 2.7 Penjelasan peta gempa 2010 .....	34
Tabel 2.8 Jenis tanah berdasarkan SNI 2833-2013 .....	37
Tabel 2.9 Faktor amplifikasi untuk periode 0 detik dan 0,2 detik (FPGA/Fa).....	39
Tabel 2.10 Besarnya nilai faktor amplifikasi untuk periode 1 detik (Fv).....	40
Tabel 4.1 Spesifikasi Kapal Rencana .....	69
Tabel 4.2 Spesifikasi Baja .....	70
Tabel 4.3 Spesifikasi Tiang Pancang.....	70
Tabel 4.4. Resume Balok Dermaga.....	80
Tabel 4.5. Data Tiang Pancang Dermaga.....	80
Tabel 4.6 Dimensi Pilecap Dermaga.....	81
Tabel 4.7 Data Teknis Jib Portal Crane.....	84
Tabel 4.8 Perhitungan momen pada radius crane.....	85
Tabel 4.9 Performa Fender.....	89
Tabel 4.10 Gaya Tambat Kapal 5000 DWT.....	93
Tabel 4.11 Penempatan bollard .....	94

Tabel 4.12 Data Tanah .....	96
Tabel 4.13. Kelas Situs .....	97
Tabel 4.14. Zona Gempa .....	98
Tabel 4.15 Respon Spektrum Wilayah Gempa Zona 3 .....	99
Table 5.1. Dimensi Pilecap.....	131
Table 5.2. Resume Tulangan Pilecap .....	140
Tabel 5.3 Resume Panjang Penyaluran .....	147
Table 5.4. Baja WF 200.150.6.11 .....	150
Tabel 5.4 Resume Perhitungan Spring constant .....	152
Tabel 6.1. Dimensi Balok Dermaga .....	159
Tabel 6.2. Dimensi Pilecap Dermaga .....	160
Tabel 6.3. Pembebanan pada Dermaga .....	160
Tabel 6.4. Penulangan Plat Lantai .....	161
Tabel 6.5. Penulangan Balok Dermaga .....	161
Tabel 6.6. Penulangan Pilecap.....	162
Tabel 6.7 Resume daya dukung tiang.....	162

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pelabuhan adalah tempat yang terdiri dari daratan dan perairan di sekitarnya dengan batas-batas tertentu sebagai tempat kegiatan pemerintahan dan kegiatan ekonomi yang dipergunakan sebagai tempat kapal bersandar, berlabuh, naik turun penumpang dan bongkar muat barang yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan pelayaran dan kegiatan penunjang pelabuhan serta sebagai tempat perpindahan intra dan antar moda transportasi. Salah satu prasarana pelabuhan adalah dermaga.

Dermaga merupakan bangunan yang dirancang khusus pada suatu pelabuhan yang digunakan atau tempat kapal untuk ditambatkan/merapat untuk kegiatan bongkar muat barang dan penumpang kapal. Dermaga juga sebagai tempat untuk melakukan tempat bongkar muat barang atau penumpang tetapi dermaga juga digunakan sebagai tempat melakukan pengisian bahan bakar kapal, air bersih, air minum ataupun saluran kotor. Adapun jenis dari dermaga antara lain sebagai berikut : dermaga barang umum, dermaga khusus, dermaga peti kemas, dermaga curah, dermaga kapal ikan, dermaga marina. Pada proposal kali ini, penulis akan merencanakan tentang dermaga batubara.

Gresik adalah sebuah kota yang dipulau Jawa yang bertempat di utara pulau Jawa, yang berhadapan dengan pulau Madura. Dan mempunyai tempat yang strategis untuk bersandarnya kapal ataupun bongkar muatan barang dari luar pulau maupun luar Negara.

Pelabuhan Gresik merupakan salah satu pelabuhan yang memiliki peran strategis dalam perekonomian di Jawa Timur. Salah satu dermaga yang ada di Gresik yaitu dermaga curah kering dengan distributor batubara, akan tetapi setiap tahunnya distributor batubara semakin meningkat dan juga sedimen yang meningkat membuat kapal kesulitan bersandar. Hal ini yang menjadikan penggunaan jasa kepelabuhan di Gresik memerlukan pelayanan yang lebih efektif. Untuk mencapai harapan tersebut maka perlu memodifikasi dermaga yang lebih efisien.

Pada Tugas Akhir kali ini dimaksudkan untuk modifikasi desain struktur dermaga batubara PT. Gresik Jasatama untuk kapal 2 x 5.000 DWT dari 8000 DWT. Pembangunan dermaga ini bertujuan untuk memperluas fasilitas dermaga curah kering dengan menghindari adanya pengurugan tanah dan sedimen yang semakin meningkat, diharapkan dapat memperlancar proses bongkar muat batubara.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas maka dapat dirumuskan masalah Tugas akhir adalah sebagai berikut :

- a. Diperlukannya fasilitas dermaga yang dapat memperlancar unloading batubara.
- b. Diperlukannya dermaga yang dapat menampung kapal tongkang dengan kapasitas 5.000 DWT.

### **1.3 Tujuan Penulisan**

Berdasarkan perumusan masalah di atas, maka tujuan dari penulisan Tugas akhir ini adalah :

- a. Merencanakan model struktur yang sederhana dan aman terhadap perilaku beban yang bekerja pada dermaga tersebut.
- b. Merencanakan struktur dermaga yang dapat menampung kapal dengan kapasitas 5.000 DWT yang sederhana dan aman.

### **1.4 Batasan Masalah**

Adapun batasan permasalahan pada Tugas akhir ini meliputi :

- a. Perhitungan struktur dititikberatkan pada struktur dermaga, tiang pancang, trestle.
- b. Tidak membahas tentang perhitungan biaya pada perencanaan pembangunan dermaga.
- c. Tidak membahas tentang estimasi waktu pada perencanaan pembangunan dermaga.
- d. Perumusan yang digunakan sesuai dengan literatur yang ada sehingga tidak ada penurunan rumus.
- e. Memberikan uraian metode pelaksanaan struktur pondasi tiang pancang.

### **1.5 Manfaat Penulisan**

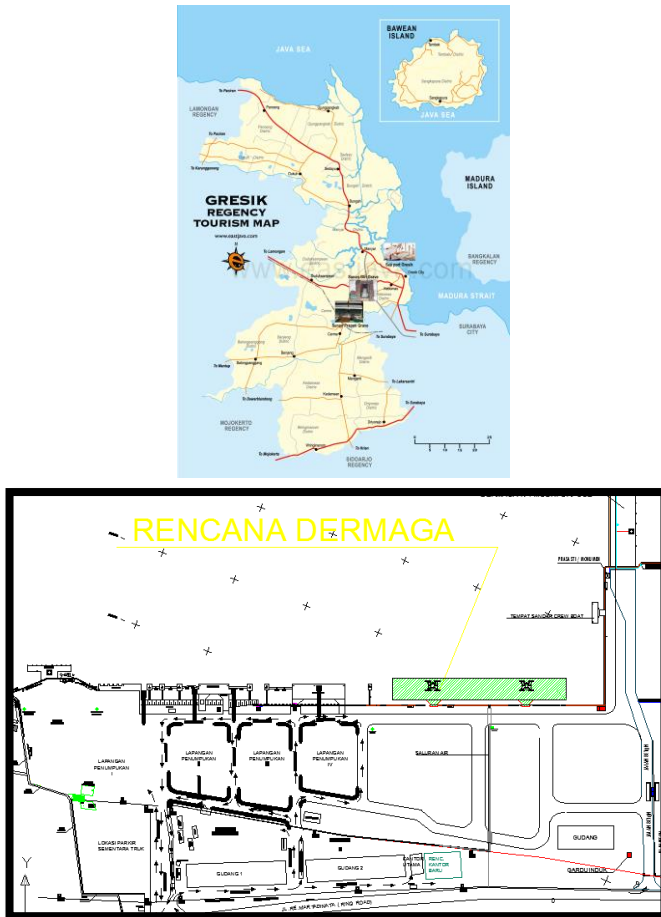
Adapun manfaat dari penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

- a. Dapat merencanakan suatu desain dermaga yang mampu menampung kapal tongkang dengan kapasitas 5.000 DWT.
- b. Mendapatkan gambaran tentang perhitungan struktur dermaga yang direncanakan untuk menampung kapal dengan kapasitas 5.000 DWT.

- c. Menambah wawasan dan pengalaman dalam perencanaan struktur dermaga.
- d. Menambah referensi desain dermaga.

## 1.6 Lokasi Studi

Pada lokasi Tugas ini Lokasi dari pekerjaan Dermaga PT. Gresik Jasatama ini bertempat di Jalan RE Martadinata Gresik Jawa Timur.



Gambar 1.1. Lokasi Proyek Pembangunan Dermaga PT. Gresik Jasatama  
(Sumber : Google Map, 2016)



***“HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN”***

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Tinjauan umum**

Dermaga adalah suatu bangunan pelabuhan yang digunakan untuk merapat dan menambatkan kapal yang akan melakukan bongkar muat barang dan menaik-turunkan penumpang yang merupakan suatu struktur yang dibuat di laut yang menghubungkan bagian darat dan terdiri dari bangunan atas yang terbuat dari balok, pelat lantai dan tiang pancang yang mendukung bangunan di atasnya. Konstruksi dermaga diperlukan untuk menahan gaya-gaya akibat tumbukkan kapal dan beban selama bongkar muat. Dimensi dermaga didasarkan pada jenis dan ukuran kapal yang akan merapat dan bertambat pada dermaga tersebut. Dalam mempertimbangkan ukuran dermaga harus didasarkan pada ukuran-ukuran minimal sehingga kapal dapat bertambat dan meninggalkan dermaga maupun melakukan bongkar muat dengan aman, cepat dan lancar.

Dermaga dapat dibedakan menjadi dua tipe yaitu wharf atau quai dan jetty atau pier. Wharf adalah dermaga yang paralel dengan pantai dan biasanya berimpit dengan garis pantai. Wharf juga dapat berfungsi sebagai penahan tanah yang ada dibelakangnya. Sedangkan jetty atau pier adalah dermaga yang menjorok ke laut. Berbeda dengan wharf yang digunakan untuk merapat satu sisinya, jetty dapat digunakan pada satu sisi atau dua sisinya, yang biasanya sejajar dengan pantai dan dihubungkan dengan daratan oleh jembatan yang biasanya membentuk sudut tegak lurus dengan jetty, sehingga jetty dapat berbentuk T, L atau Jari.

Pada perencanaan dermaga PT. Gresik Jasatama beberapa hal yang dijadikan pertimbangan adalah sebagai berikut:

1. Dimensi dermaga disesuaikan dengan jenis kapal 5.000 DWT yang akan bersandar.
2. Jalur untuk keluar masuknya transportasi batu bara.
3. Jenis dermaga menggunakan tipe wharf yang disesuaikan dengan kondisi perairan di area pelabuhan dan kondisi daya dukung tanah setempat.

## **2.2. Dasar Perencanaan Dermaga**

Pedoman atau dasar perencanaan yang digunakan dalam perencanaan dermaga curah kering batubara PT. Gresik Jasatama ini secara umum terdapat dari buku-buku sebagai berikut:

1. Perencanaan Pelabuhan, Bambang Triatmodjo, 2009
2. Port Design, Carl A. Thoresen
3. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung SNI 03 - 2847 - 2013
4. Panduan Perencanaan Teknik Jembatan BMS, 1992
5. Standard Design Criteria for Ports in Indonesia, 1984
6. Technical Standards for Port and Harbour Facilities in Japan, 2009
7. Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Jembatan SNI 03 – 2883 – 2013
8. Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, 2000
9. Laporan desain struktur dermaga PT. Gresik Jasatama

Disamping literatur di atas penulis juga menggunakan literatur-literatur lain baik dari diktat kuliah maupun sumber lain yang mendukung sebagai acuan di dalam perencanaan Dermaga curah kering batubara PT. Gresik Jasatama.

## **2.3. Kriteria Perencanaan**

### **2.3.1. Pemilihan tipe dermaga**

Dalam perencanaan dermaga pertimbangan- pertimbangan pokok yang diperlukan pada pemilihan tipe dermaga secara umum adalah:

#### **1. Tinjauan topografi daerah pantai**

Tinjauan topografi daerah pantai yang akan dibangun dermaga sangat penting dilakukan karena berkaitan dengan keamanan, efektifitas, kemudahan proses pengerjaan dan faktor ekonomis. Misalnya pada perairan yang dangkal sehingga kedalaman yang cukup agak jauh dari darat, penggunaan jetty akan lebih ekonomis karena tidak diperlukan pengerukan yang besar. Sedang pada lokasi dimana kemiringan dasar cukup curam, pembuatan pier dengan melakukan pemancangan tiang di perairan yang dalam menjadi tidak praktis dan sangat mahal. Dalam hal ini pembuatan wharf bisa dipandang lebih tepat. Jadi bisa disimpulkan kalau tinjauan topografi sangat mempengaruhi dalam pemilihan alternatif tipe dermaga yang direncanakan.

#### **2. Jenis kapal yang dilayani**

Jenis kapal yang dilayani berkaitan dengan dimensi dermaga yang direncanakan. Selain itu juga aktifitas yang mungkin harus dilakukan pada proses bongkar muat dan peruntukan dermaga akan mempengaruhi pertimbangan pemilihan tipe dermaga. Dermaga yang akan melayani kapal minyak (tanker) dan kapal barang curah mempunyai konstruksi yang ringan dibanding dengan dermaga barang potongan (general cargo), karena dermaga tersebut tidak memerlukan peralatan bongkar muat yang besar (crane), jalan kereta api, gudang-gudang dan sebagainya. Untuk melayani kapal tersebut,

biasanya penggunaan pier dipandang lebih ekonomis. Untuk keperluan melayani kapal tanker atau kapal barang curah yang sangat besar biasanya dibuat tambatan lepas pantai dan proses bongkar muat dilakukan menggunakan kapal yang lebih kecil atau tongkang dan barang akan dibongkar di dermaga tepi pantai yang berukuran relatif lebih kecil.

### 3. Daya dukung tanah

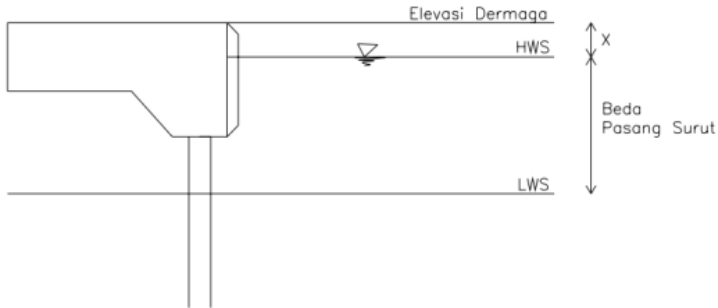
Kondisi tanah sangat menentukan dalam pemilihan tipe dermaga. Pada umumnya tanah di dekat dataran memiliki daya dukung yang lebih besar daripada tanah di dasar laut. Dasar laut umumnya terdiri dari endapan lumpur yang padat. Ditinjau dari daya dukung tanah, pembuatan wharf akan lebih menguntungkan. Tapi apabila tanah dasar berupa karang, pembuatan wharf akan mahal karena untuk mendapatkan kedalaman yang cukup di depan wharf diperlukan pengerukan yang besar. Dalam hal ini pembuatan jetty akan lebih ekonomis karena tidak diperlukan pengerukan dasar karang. Dengan mempertimbangkan letak dermaga yang berada di perairan PT. Gresik Jasatama, maka dipilih dermaga dengan tipe wharf atau quai. Wharf atau quai merupakan dermaga yang dibangun pada garis pantai, relatif dekat atau sejajar dengannya.

## 2.3.2. Perencanaan dimensi dermaga

### a. Elevasi dermaga

Tinggi lantai dermaga dihitung dalam keadaan air pasang.

Gambar 2.2. Elevasi lantai dermaga



Penetapan kedalaman air rencana pada perencanaan dermaga selayer ini didasarkan pada *Standard Design Criteria for Port in Indonesia, 1984, pasal 6.2.5 halaman 27*, adalah  $(1.05-1.15) \times \text{sarat maksimum}$ .

Pengertian apron pada dermaga adalah daerah yang terletak antara sisi dermaga dan sisi depan gudang dimana terdapat pengalihan kegiatan angkutan laut ke angkutan darat. Dalam perencanaan ini penentuan elevasi lantai dermaga (apron) ditentukan oleh keadaan pasang surut dan jenis kappa rencana. Berdasarkan *Standard Design Criteria for Port in Indonesia, 1984 pasal VII. 1.3, halaman 29*, Ditentukan besarnya elevasi lantai dermaga diatas HWS berdasarkan besarnya pasang surut air laut dan kedalaman air rencana sebagai berikut :

Tabel 2.1 Elevasi Dermaga diatas HWS

	Pasang Surut terbesar 3 m atau lebih	Pasang surut kurang dari 3 m
Dermaga untuk kapal - kapal yang memerlukan kedalaman air $\geq$ 4,5 m	0,5 – 1,5	1,0 – 3,0 m
Dermaga untuk kapal - kapal yang memerlukan kedalaman air $\leq$ 4,5 m	0,3 – 1,0	0,5 – 1,5 m

### b. Panjang dermaga

Untuk menentukan panjang dermaga yang akan dibangun digunakan persamaan berdasarkan pada buku *Perencanaan Pelabuhan Bambang Triadmodjo 2009 hal 214*:

$$L_p = nL_o + (n+1) \times 10\% \times L_o$$

dimana :

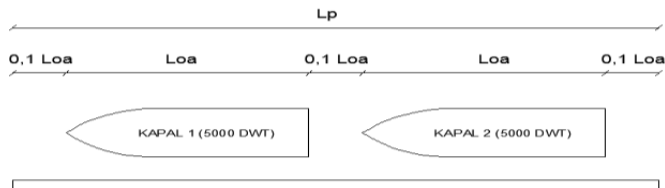
$L_p$  = panjang dermaga (m)

$n$  = jumlah kapal yang bertambat

$L_o$  = panjang kapal (m)

Pada perencanaan dermaga kali ini, hanya di desain panjang dermaga saja dan kapal yang menggunakan fasilitas dermaga ini memiliki ukuran 5.000 DWT.

Perencanaan panjang area tambatan pada tugas akhir ini berdasarkan ukuran kapal 5.000 DWT.



Gambar 2.3 Layout dermaga

### c. Lebar dermaga

Lebar dermaga direncanakan sesuai dengan kebutuhan dermaga. Perhitungan lebar dermaga dilakukan dengan memperhitungkan jarak tepi, jarak kaki crane dan kebutuhan manouver peralatan yang berada diatas dermaga.

### 2.4 Perencanaan konstruksi atas dermaga (*upper structure*)

Dermaga curah batubara ini direncanakan menggunakan konstruksi beton. Pada perhitungan konstruksi dermaga ini dipilih dengan pertimbangan :

1. Pada struktur di perairan, harus dihindarkan terjadinya retak agar tulangan struktur terhindar dari korosi.
2. Terjadinya beban lebih (*overload*) pada bangunan di perairan lebih sering terjadi, baik akibat beban luar (arus, gelombang, dan pasang surut) maupun beban gempa.

Prosedur perencanaan dermaga secara umum adalah sebagai berikut :

1. Penentuan ukuran dermaga dan *layout* yang digunakan.
2. Penentuan *layout* balok, posisi tiang pancang, posisi dilatasi antar blok dermaga, lokasi fasilitas lain misal : *bollard* dan *fender*.



3. Penentuan asumsi dimensi masing-masing bagian struktur, yaitu plat, balok, tiang pancang dsb.
4. Penentuan beban yang bekerja pada masing-masing bagian struktur, setelah terlebih dahulu ditentukan kebutuhan ukuran *fender* dan *bollard*.
5. Perhitungan kekuatan struktur dari masing-masing bagian struktur termasuk penulangan plat, balok, *poer* dsb.
6. Pengecekan terhadap stabilitas struktur secara keseluruhan.
7. Pembuatan detail gambar sesuai dengan perhitungan yang didapatkan.

Apabila saat pengecekan/kontrol stabilitas tidak memenuhi persyaratan maka perhitungan harus diulangi lagi mulai langkah ketiga.

#### **2.4.1 Perencanaan pelat dermaga**

Pada perencanaan dermaga, lantai dermaga berfungsi sebagai penerima beban beban mati, beban hidup, dan beban terpusat yang bekerja langsung diatasnya. Beban yang diterima beserta berat sendiri diteruskan ke balok melintang dan memanjang. Pada lantai deraga yerdapat boulder untuk menambatkan kapal.

Perhitungan kekuatan plat lantai dermaga terlentur berdasarkan ***Panduan Perencanaan Teknik Jembatan BMS 1992***

***Tabel 5.2. hal 5-4***, harus mempunyai tebal minimum (D) :

$$D \geq 200 \text{ mm}$$

$$D \geq 100 + 0,05L \text{ mm}$$

Dengan :

D = tebal plat lantai (mm)

L = bentang dari plat lantai antara pusat dan tumpuan (mm)

Untuk plat lantai yang menerus dengan 3 tumpuan atau lebih bisa direduksi 10% dari tebal ketebalan minimum.

#### 2.4.2 Perencanaan Dimensi Balok

Balok melintang menandai adanya portal dari struktur, dimana pada ujung balok arah sisi tambat kapal diletakkan *fender* atau *boulder*. Pada beberapa dermaga ditambahkan balok anak yang arahnya melintang dan berfungsi sebagai pengaku struktur plat.

Pada struktur yang menggunakan *poer* sebagai penyambung antara ujung atas tiang pancang dengan balok, maka ukuran balok dapat ditentukan hanya dengan pertimbangan faktor kelangsingan bahan dan kebutuhan menerima momen dan gaya lintang, misal perbandingan antara lebar dengan tinggi (cm) 50/70, 60/90, sampai 120/200. Sedang bila tidak digunakan *poer*, maka lebar balok harus diperhitungkan mencukupi sebagai tempat menancap ujung atas tiang pancang.

Penentuan momen, gaya lintang dan gaya reaksi pada perletakan balok ditentukan berdasar perhitungan stabilitas menyeluruh (stabilitas 3 dimensi) dari sistem struktur ini yaitu stabilitas antar portal dan balok memanjang. Perhitungan dengan mengandalkan stabilitas tiap portal secara individual (stabilitas 2 dimensi) menyebabkan hasil perhitungan momen seringkali agak berlebihan.

Dengan menerapkan beberapa kombinasi pembebanan sesuai kondisi masing – masing dermaga, akan diperoleh hasil perhitungan pada tiap – tiap sambungan (*joints*) dan simpul, selanjutnya perlu dipilih yang menghasilkan angka maksimum untuk dipakai sebagai dasar perhitungan kebutuhan tulangan dan pengecekan kekuatan bahan.

Sebelum perhitungan dilaksanakan metode pelaksanaan pembetonan dan tipe atau kualitas beton yang akan dipakai perlu ditentukan lebih dulu. Perlu ditetapkan akan dilaksanakan dengan beton cor di tempat (*cast insitu*), ataukah dicetak sebelumnya

(*precast/prefabricated*), dan apakah akan digunakan beton pratekan (*pre-stressed*) atau ditegang sesudahnya (*post-tension*). Kualitas beton juga harus ditentukan minimal dengan kemampuan tegangan tekan 300 kg/cm<sup>2</sup>.

Penggunaan beton *precast* untuk bangunan pelabuhan semakin dikenal di Indonesia, sistem ini memiliki keuntungan : pelaksanaan dapat lebih cepat, dengan hasil yang lebih rapi dan akurat, kerugiannya adalah dibutuhkan ketepatan / presisi posisi plat, balok, maupun tiang pancang beserta sambungansambungannya baik itu sambungan antar plat, antara plat dengan balok, antar balok, ataupun antara balok dengan tiang pancang.

Sedangkan, apabila menggunakan beton pratekan maka hal ini tidak jauh berbeda dengan penjelasan di atas yaitu tentang pemakaian beton *precast*. Namun perlu diperhatikan pada beton pratekan terhadap sifat sensitivitasnya terhadap beban. Letak sensitivitas itu adalah pada tendonnya. Apabila beban yang diberikan tidak sanggup diterima oleh beton pratekan maka tendon tersebut akan putus dan struktur langsung *collapsed*.

Dan bila pengecoran *in situ* diterapkan maka biaya yang dikeluarkan lebih ekonomis dibandingkan dengan dua metode di atas meskipun pelaksanaan pengecorannya diperlukan bekisting. Tetapi bekisting di sini tidak terbuat dari kayu melainkan dari beton.

Dalam perencanaan dimensi balok melintang dan memanjang berdasarkan pada ***Panduan Perencanaan Teknik Jembatan BMS 1992 Tabel 5.2 hal 5-4***, yaitu tinggi efektif gelagar (balok melintang dan memanjang) dengan kekakuan memadai direncanakan berdasarkan ketentuan berikut ini :

$$D \geq 165 + 0,06L$$

Dengan :

D = Tinggi balok (balok memanjang dan melintang)

L = Panjang gelagar (balok melintang dan memanjang)

Tinggi gelagar menerus adalah 90% dari tinggi bentang sederhana diatas.

#### 2.4.3. Perencanaan Dimensi Poer (*pile cap*)

Struktur ini berfungsi sebagai penyambung antara ujung atas tiang pancang dengan balok memanjang maupun melintang. Struktur ini adakalanya tidak dipasang, jadi tiang pancang langsung bersambung ke balok di atasnya, untuk itu harus dipastikan balok cukup kuat menahan gaya tekan dan momen yang terjadi serta pelaksanaan di lapangan memungkinkan. Peraturan ***Perencanaan Teknik jembatan BMS 1992 pasal 4.5.7.9 hal 4-40*** adalah dalam daerah pasang surut derajat korosi untuk perencanaan dapat digunakan dua kali 0,08 mm. Untuk penentuan momen dan gaya lintang dapat ditentukan berdasar hasil perhitungan SAP atau yang lain.

#### 2.4.4. Perencanaan Bollard

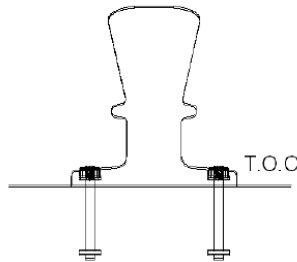
*Bollard* merupakan konstruksi untuk mengikat kapal pada tambatan. Posisi pengikat *boulder* terdapat di sekitar ujung depan (*bow*) dan di ujung belakang (*stern*). Perencanaan *boulder* diambil berdasarkan gaya terbesar di antara gaya tarik *boulder* sendiri, gaya angin dan gaya arus. Jarak pemasangan antara *boulder* berdasarkan ketentuan ***Standard Design Criteria for Ports in Indonesia, 1984, 7.5 hal.33*** adalah sebagai berikut :

Tabel 2.2 Ketentuan Penetapan Boulder

Gross Tonnage of Ship	Max. Spacing of Bollard	Min. Number of Installation per Perth
2001 – 5000	20	6
5001 – 10000	25	6

Tabel 2.3 Hubungan antara diameter boulder dengan gaya tarik

Diameter (cm)	15	20	25	30	35	40	45	50	55
Gaya Tarik Ijin (ton)	5	10	20	35	50	70	100	120	150



Gambar 2.4 Bollard

#### 2.4.5. Perencanaan Fender

Setelah perhitungan energi tumbukan yang timbul dapat ditentukan selanjutnya dilakukan pemilihan tipe *fender*.

Beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam pemilihan sistem *fender* :

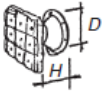
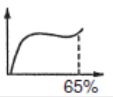

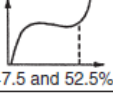
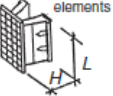
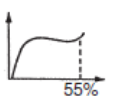
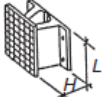
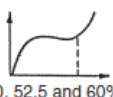

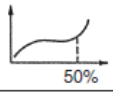

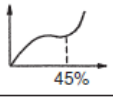

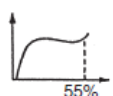
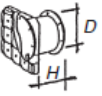
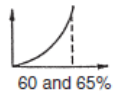
1. *Fender* harus memiliki kemampuan penyerapan energi kinetis lebih besar dibanding energi kinetik yang terjadi akibat tumbukan kapal ke *fender*.
2. Gaya reaksi yang timbul sebagai sisa energi kinetik yang tidak terserap oleh *fender* dicari yang menghasilkan angka terkecil.
3. Tekanan yang timbul dari sistem *fender* tidak boleh melebihi kemampuan menahan tekanan dari lambung kapal (= badan kapal).
4. Harus diperhatikan juga harga dan biaya konstruksi serta biaya perawatan bagi *fender* maupun tambatannya.

Dengan kata lain, pada waktu memilih *fender* harus diingat akan adanya energi tumbukan yang diabsorpsi *fender* ( $=E_f$ ) dan gaya reaksi ( $=P$ ) yang harus ditahan bangunan. Jadi pemilihan *fender* harus memperhatikan faktor yang memenuhi persyaratan. *Fender* yang ideal adalah yang mampu mengabsorpsi energi kinetik yang sebesar – besarnya dan mengubah ke bentuk gaya reaksi sekecil – kecilnya ke konstruksi dermaga.

Ada berbagai bahan dan bentuk, serta cara – cara pemasangan *fender*. Ada berbagai tipe bahan untuk *fender* dermaga mulai dari kayu, beton, sampai karet. Dari ketiga jenis bahan tersebut, yang paling efektif menyerap energi, mudah dipasang, murah dan secara struktural menguntungkan adalah *fender* dari bahan karet atau dikenal sebagai rubber *fender*.

Meskipun demikian *fender* kayu masih banyak digunakan pada dermaga – dermaga lama di Indonesia maupun di tempat lain. *Fender* ini memiliki kelemahan bila kecepatan merapat kapal tinggi dapat merusak kapal karena penyerapan energinya tidak cukup besar. Tetapi bila pelabuhan terletak di tempat terlindung dan kecepatan merapat kapal dapat dikontrol, maka *fender* ini sangat menguntungkan dengan alasan tahan lama, dan relatif murah.

Ada berbagai macam bentuk dan kualitas *fender* karet sebagai hasil produksi beberapa perusahaan *fender* terkemuka di antaranya : Bridgestone, Seibu, Atlas, Yokohama, Trellex, Vredestein. Masing – masing *fender* tersebut dibedakan berdasarkan ketahanan mekanis karet, kemampuan terhadap ultraviolet, dan secara keseluruhan umur dari *fender* serta kemampuan menyerap energi, (Periksa Gambar 2-16) atau dapat dilihat di buku *Port Design Handbook, Carl A. Thoresen hal 364*.

Type	Fender shape	Sizes in mm	Reaction kN	Energy kJ/m	Performance curve
Circular shape of the buckling fender with panel contact		$\frac{d}{D/L}$ 295/500/300 ↓ 1765/ 2880/1800	60 ↓ 3775	9 ↓ 3530	
		$\frac{D}{H}$ 400/550 ↓ 3000/3250	52 ↓ 5800	8 ↓ 6700	
Longitudinal shape of the buckling fender with panel contact		$\frac{H}{L}$ 300/600 ↓ 1800/2000	66 ↓ 1708	9 ↓ 1260	
		$\frac{H}{L}$ 400/500 ↓ 2500/4000	140 ↓ 6900	22 ↓ 7000	
V type		$\frac{H}{L}$ 250/1000 ↓ 1000/2000	150 ↓ 2290	15 ↓ 940	
		$\frac{H}{L}$ 200/1000 ↓ 1300/3500	150 ↓ 3400	10 ↓ 1500	
		$\frac{H}{L}$ 300/600 ↓ 1800/2000	66 ↓ 1708	9 ↓ 1260	
Airblock		$\frac{D}{H}$ 600/450 ↓ 3200/3200	138 ↓ 6210	15 ↓ 4990	

Gambar 2.5. Berbagai macam fender karet dan energinya. Sumber :  
Port Design, Carl A Thoresen.

Bila diperhatikan , gaya tekan  $P$  menimbulkan pengaruh sekaligus pada dua arah , yaitu :

- Gaya horizontal yang terjadi pada dermaga.
- Tekanan maksimum yang mampu diterima oleh sisi badan kapal.

Jadi di samping gaya reaksi ke tambatan, maka adanya *fender* diharapkan juga tidak merusak sisi lambung (badan) kapal sebagai akibat tekanan tumbukan kapal merapat.

*Fender* yang tertumbuk kapal akan mengalami defleksi, dimana besarnya defleksi menentukan besarnya energi dan gaya reaksi yang terabsorpsi. Besarnya defleksi *fender* merupakan perbandingan ukuran perubahan antara kondisi awal dengan kondisi pada waktu ditumbuk, dinyatakan dalam persen. Di dalam buku petunjuk (manual) yang dikeluarkan produsen *fender*, besarnya defleksi yang terjadi pada masing – masing jenis dan ukuran *fender* dinyatakan dalam tabel dan grafik. Defleksi maksimum berkisar antara 45% sampai 60%. Untuk perencanaan sebaiknya dipilih kondisi defleksi yang menghasilkan desain paling kritis.

Pada prinsipnya, *fender* dapat dibagi dua kelompok berdasarkan sistem bekerjanya tumbukan pada *fender*, yaitu :

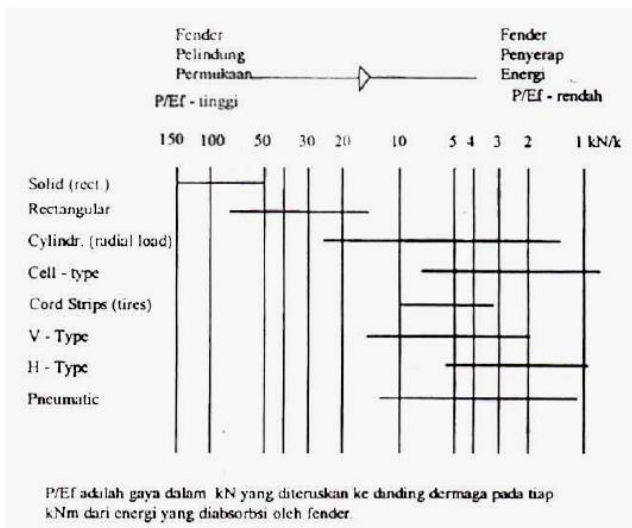
- *Fender* peredam energi (energy – absorbing *fender*)
- *Fender* pelindung permukaan (surface – protecting *fender*)

*Fender* peredam energi merupakan *fender* yang bekerjanya menampung energi tumbukan (energi kinetik) yang timbul akibat sistem merapatnya kapal. Hal ini terjadi terutama kapal yang merapat tanpa bantuan *tug boat* (kapal pandu), dan pada pelabuhan – pelabuhan yang berada di laut terbuka, sehingga kecepatan merapat kapal relatif sulit dikendalikan. Tipe *fender* ini dipilih dari *fender* yang memiliki  $P/E_f$  rendah.



Sedang *fender* pelindung permukaan hanya berfungsi melindungi permukaan dermaga, dan cocok untuk menampung kapal – kapal yang memiliki kecepatan merapat terkontrol, jadi kapal – kapal yang merapat di sini harus berkecepatan rendah, karena jika tidak pelan dapat merusak lambung kapal maupun tambatan sendiri. Tipe *fender* ini ditandai dengan harga  $P/E_f$  tinggi.

Di samping itu ada berbagai bentuk dari *fender* yang performasinya dapat di antaranya diukur dari perbandingan  $P$  (gaya tekan beban radial) terhadap  $E_f$  (energi *fender*) mulai dari  $P/E_f$  tinggi sampai yang rendah dan dengan  $E_f$  kecil sampai  $E_f$  besar. (**Periksa Gambar 2.15** menunjukkan harga  $P$  dan  $E_f$  dari masing – masing tipe *fender* dan  $P/E_f$ -nya).



Gambar 2.6 Faktor  $P/E_f$  untuk berbagai fender karet

#### 2.4.6 Perencanaan Dimensi Tiang Pancang

Jenis pondasi pada struktur bangunan bawah dermaga batubara direncanakan menggunakan tiang pancang baja. Dalam

perencanaan dimensi tiang pancang dilakukan trial and error dengan menggunakan SAP2000, dicari kemungkinan model struktur yang mengalami defleksi terkecil, dengan mempertimbangkan :

- Model struktur potongan melintang
- Susunan tiang pancang
- Banyak sedikitnya tiang pancang

Untuk memperhitungkan pengaruh teknik baik selama pemancangan maupun saat memikul beban permanen, diambil persyaratan teknik menurut *Technical Standards For Port and Harbour Facilities in Japan 2009* sebagai berikut :

$$\frac{L}{D} \leq 60 - 70$$

Dengan :

L = Panjang tiang yang berpengaruh tekuk (mm)

D = Panjang diameter tiang (mm)

## 2.5 Perencanaan pembebanan dermaga

Dermaga menerima beban yang bekerja pada struktur terdiri dari beban vertikal dan beban horizontal.

### 2.5.1 Pembebanan arah vertikal

#### ➤ Beban mati/berat sendiri (qD)

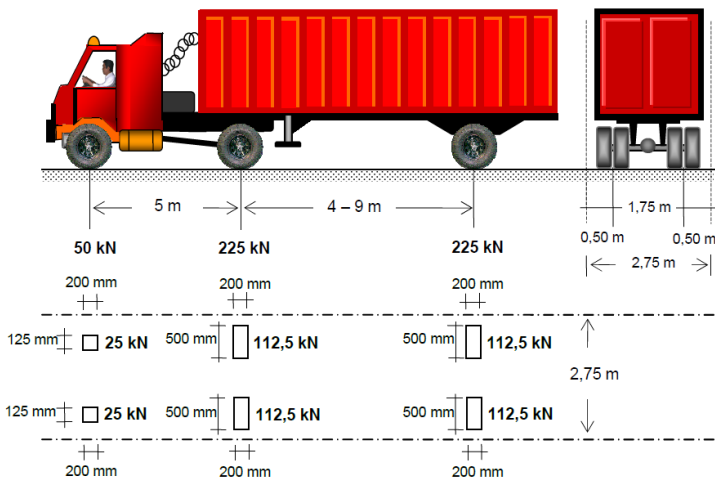
Berat sendiri merupakan berat dari beban-beban mati yang secara permanen dan konstan selama waktu hidup konstruksi yaitu beban pelat, balok memanjang dan melintang, serta poer. Untuk beban pelat, pertama dihitung beban terbagi ratanya pada setiap luasan pelat, kemudian dicari beban terbagi rata ekuivalensinya yang akan diterima pada balok. Hal ini dilakukan untuk memudahkan pelaksanaan analisa strukturnya. Pada balok, beban terbagi ratanya tergantung dari beban yang direncanakan, dan begitu

juga dengan poer. Dan akhirnya semua beban tersebut dijadikan satu dalam berat sendiri. Beban mati meliputi :

1. Beban sendiri plat lantai kendaraan
2. Beban air hujan ( $t = 5\text{cm}$ )

➤ **Beban hidup**

Beban yang diakibatkan oleh beban hidup yang ada diatas dermaga, dipengaruhi oleh beban orang, beban truk dan beban crane. Beban truk (T) terdiri dari kendaraan truk semi trailer yang mempunyai berat as seperti gambar 2.16. berat dari masing-masing as disebarakan menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan bidang kotak antara roda dengan permukaan lantai.



Gambar 2.7 Pembebanan Truk (sumber : RSNI T-02-2005)

➤ **Beban Crane**

Peralatan bongkar muat dermaga batubara direncanakan menggunakan JIB Portal Crane BP-1025.

Berdasarkan *Technical Standards and Commentaries for Ports and Harbour Facilities in Japan (OCDI 2009)* pasal **115.3.4.** untuk beban akibat alat bongkar muat diambil kondisi maksimal pada saat alat bongkar muat diambil kondisi maksimal pada saat alat berada diatas dermaga.

### 2.5.2. Pembebanan arah horizontal

#### ➤ Gaya benturan kapal

Pada waktu merapat ke dermaga, kapal masih mempunyai kecepatan sehingga terjadi benturan antara dermaga dengan kapal. Dalam perencanaan, dianggap bahwa benturan maksimum terjadi apabila kapal bermuatan penuh menghantam dermaga dengan sudut 10° terhadap sisi depan dermaga.

Besarnya energi benturan yang diberikan oleh kapal adalah sesuai dengan rumus berikut :

$$E = \frac{WV^2}{2g} \times C_m \times C_e \times C_s \times C_c$$

dimana :

E = energi yang timbul akibat benturan kapal (tm)

V = kecepatan kapal saat merapat (m/det)

W = displacement tonage (ton)

$$= 1.3 \times DWT \times k \times \frac{L \times B \times D}{35}$$

L = panjang kapal (ft)

B = lebar kapal (ft)

D = draft (ft)

A = sudut penambatan kapal terhadap garis luar dermaga (10°)

g = gaya gravitasi bumi = 9,81 m/det<sup>2</sup>

C<sub>m</sub> = koefisien massa

$C_e$  = koefisien eksentrisitas

$C_s$  = koefisien kekerasan (diambil 1)

$C_c$  = koefisien bentuk dari tambatan (diambil 1)

Koefisien massa tergantung pada gerakan air di sekeliling kapal yang dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$C_m = 1 + \frac{\pi}{2 \times C_b} \frac{d}{B}$$

$$C_b = \frac{W}{L_{pp} \times B \times d \times \gamma_0}$$

dimana :

$C_b$  = koefisien blok kapal

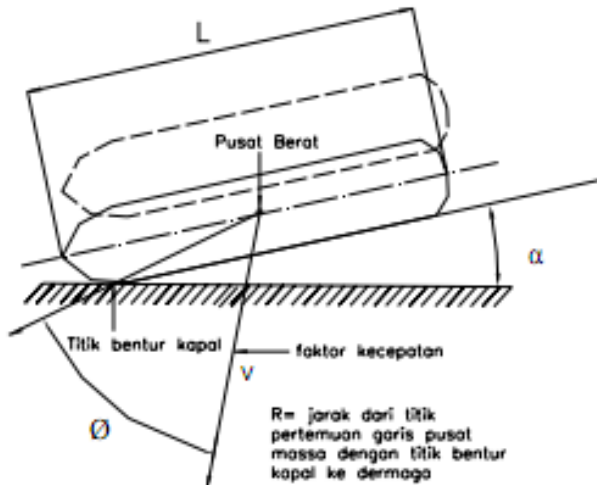
$d$  = draft kapal (m)

$B$  = lebar kapal (m)

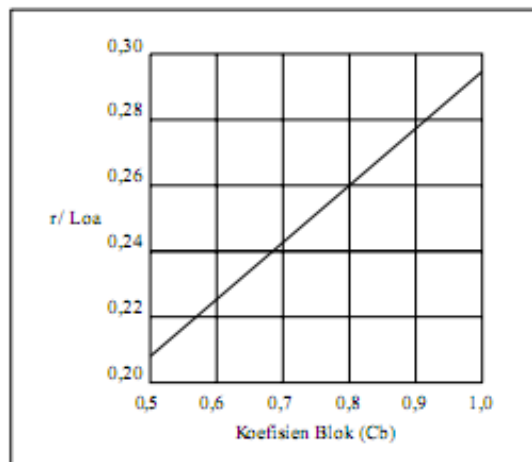
$L_{pp}$  = panjang garis air (m)

$\gamma_0$  = berat jenis air laut ( $t/m^3$ )

Koefisien eksentrisitas adalah perbandingan antara energi sisa dan energi kinetik kapal yang merapat, dan dapat dihitung dengan rumus :



Gambar 2.8 Jarak sandar kapal ke pusat berat



$$C_s = \frac{1}{1 + (l/r)^2}$$

dimana :

$l$  = jarak sepanjang permukaan air dari pusat berat kapal sampai titik sandar kapal (m)

Dermaga :  $l = 1/4$  Loa (m)

Dolphin :  $l = 1/6$  Loa (m)

$r$  = jari – jari putaran disekeliling pusat berat kapal pada permukaan air (m)

➤ Gaya Tambat Kapal

a. Gaya Akibat Angin

Angin yang berhembus ke arah badan kapal yang ditambatkan akan menyebabkan gerakan pada kapal yang bisa menimbulkan gaya terhadap dermaga. Apabila arah angin menuju ke dermaga, maka gaya tersebut akan berupa benturan kepada dermaga. Sedangkan apabila arah angin meninggalkan dermaga, maka gaya tersebut akan mengakibatkan gaya tarikan kepada alat penambat. Gaya akibat angin maksimum terjadi saat berhembus angin dari arah lebar:

Rumus *Standard Design Criteria for Ports in Indonesia 1984, hal 11* :

$$R = 0,5 \times p \times C \times U^2 \times (A \cos^2 \theta + B \sin^2 \theta)$$

dimana :

$R$  = Gaya angin (Kg)

$p$  = Berat jenis udara (0,123 kg.sec<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>)

$C$  = Koefisien angin

$U$  = Kecepatan angin

$A$  = Luas bagian depan / frontal kapal diatas permukaan angin ( $m^2$ )

$B$  = Luas bagian samping / frontal kapal diatas permukaan angin ( $m^2$ )

$\theta$  = Sudut arah angin terhadap sumbu kapal

b. Gaya Akibat Arus

Seperti halnya angin arus yang bekerja pada bagian kapal yang terendam air juga akan menyebabkan terjadinya gaya pada kapal yang kemudian diteruskan pada alat penambat dan dermaga. Besar gaya yang ditimbulkan oleh arus diberikan oleh persamaan berikut ini.

Rumus *Standard Design Criteria for Ports in Indonesia 1984, hal 12* :

- Dianggap arah arus menuju kapal tegak lurus dengan sumbu kapal

$$R_a = \frac{1}{2} \times p \times C \times V^2 \times B'$$

Dengan :

$R_a$  = gaya akibat arus (kg)

$p$  = Berat jenis air laut ( $Kg.s^2/m^4$ )

$C$  = Koefisien tekanan arus

$V$  = Kecepatan Arus (m/s)

$B'$  = Luas bagian samping kapal dibawah garis sarat kapal ( $m^2$ )

c. Gaya Akibat Gelombang

Energi gelombang adalah jumlah dari energi kinetik dan energi potensial gelombang. Energi kinetik adalah energi yang disebabkan oleh kecepatan partikel air karena adanya gerak gelombang. Energi potensial adalah energi yang dihasilkan perpindahan muka air karena



adanya gelombang. Tenaga gelombang adalah energi gelombang tiap satuan waktu yang menjalar dalam arah pejalaran gelombang.

Energi Kinetik Gelombang

$$E_k = \frac{\rho \times g \times H^2 \times L}{16}$$

Energi Potensial Gelombang

$$E_p = \frac{\rho \times g \times H^2 \times L}{16}$$

Energi Total Gelombang

$$E_t = E_k + E_p$$

Tenaga Gelombang

$$\rho = \frac{n \times E_t}{T}$$

$$n = \frac{1}{2} \left( 1 + \frac{2kd}{\sin 2kd} \right)$$

Dengan :

$\rho$  = massa jenis air laut

$g$  = gravitasi

$H$  = Tinggi gelombang = 2 x amplitudo gelombang

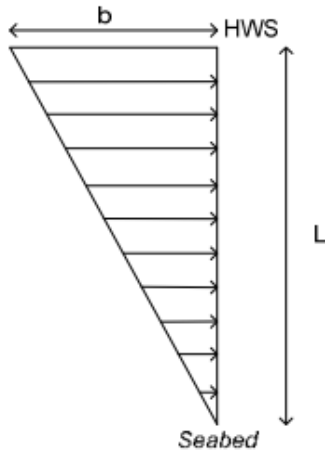
$L$  = Panjang gelombang

$K$  = angka gelombang ( $2\pi/L$ )

$d$  = jarak antara muka air rata-rata dan dasar laut

$T$  = periode gelombang, interval waktu yang diperlukan oleh partikel air untuk kembali pada

kedudukan yang sama dengan kedudukan sebelumnya.



$$b = \frac{a * 2}{L}$$

Dimana :

a = besar beban hasil perhitungan

L = panjang tiang seabed hingga HWS

b = besar beban distribusi

➤ Gaya fender

Gaya fender yang terjadi saat kapal sedang merapat berupa gaya pukul kapal pada fender akibat kecepatan pada saat merapat, serta akibat pergoyangan kapal oleh gelombang dan angin.

Tabel 2.4 Kecepatan kapal

Tonnage	Berthing Velocity m/sec		
	Moderate	Difficult	Favorable
up to 1.000 GRT	0,45	0,25	0,20
up to 5.000 GRT	0,35	0,20	0,15
up to 10.000 GRT	0,20	0,15	0,10
Larger ship	0,15	0,10	0,10

Gaya benturan kapal yang bekerja secara horizontal dapat dihitung berdasarkan energi benturan kapal terhadap dermaga. Hasil perhitungan energi akibat benturan kapal kemudian dikalikan dengan dua untuk mendapatkan beban impak abnormal. Kemudian beban impak abnormal dikalikan dengan faktor reduksi produk fender yang ditentukan oleh supplier fender, dengan harga faktor reduksi  $\pm 10\%$  dari beban impak abnormal. Jarak fender diatur sedemikian rupa sehingga kontak langsung antara kapal dan dinding dermaga dapat dihindari. Persamaan yang digunakan untuk menentukan jarak maksimum antara fender adalah:

$$L = 2\sqrt{r^2 - (r-h)^2}$$

dimana:

L = Jarak maksimum antar fender ( m )

r = Jari-jari kelengkungan sisi haluan kapal (m)

h = Tinggi fender

#### ➤ Gaya Boulder

Fungsi dari boulder adalah untuk penambat kapal agar tidak mengalami pergerakan yang dapat mengganggu baik pada aktivitas bongkar muat maupun lalu-lintas kapal yang lainnya. Boulder yang digunakan pada dermaga biasanya menggunakan bahan dari baja cor karena lebih tahan cuaca

dan cukup kuat untuk menahan gaya-gaya yang bekerja, tinggi boulder tidak lebih dari 50 cm dengan ujung tertutup.

*Tabel 2.5 Gaya tarik bolder*

Gross Tonnage	Tractive Force on bollard (tf)
200 - 500	10
501 - 1.000	15
1.001 - 2.000	15
2.001 - 3.000	25
3.001 - 5.000	25
5.001 - 10.000	35 (25)
10.001 - 15.000	50 (25)
15.001 - 20.000	50 (25)
20.001 - 100.000	70 (35)

Catatan : Nilai dalam kurung adalah untuk gaya pada tambatan yang dipasang disekitar tengah kapal yang mempunyai tidak lebih dari 2 tali penambat.

*Tabel 2.6 Penempatan bitt*

Ukuran kapal (GRT)	Jarak maksimum	Jumlah minimal
<2.000	10-15	4
2.001-5.000	20	6
5.001-20.000	25	6
20.001-50.000	35	8
50.001-100.000	45	8

➤ **Beban Gempa**

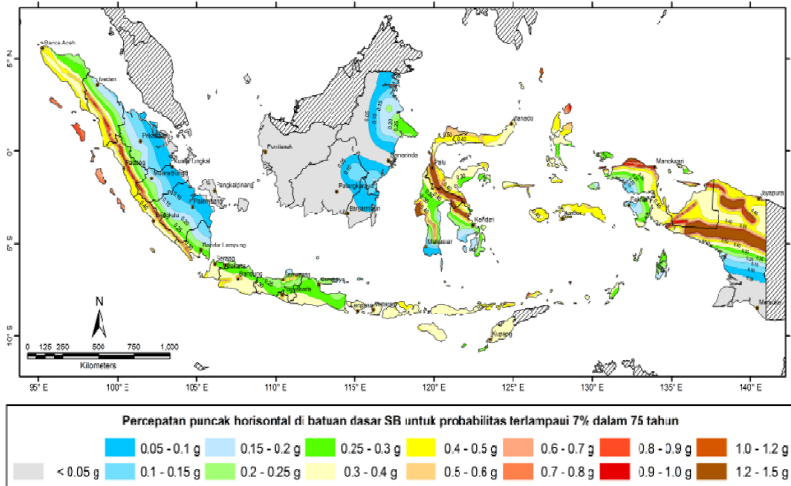
Analisis pembebanan gempa yang digunakan adalah analisis dinamik dari **Perencanaan Jembatan terhadap Beban Gempa RSNi 2833-2013** yaitu menggunakan respon spektrum yang dihitung secara tiga dimensi dengan menggunakan program SAP2000.

1. Prosedur umum

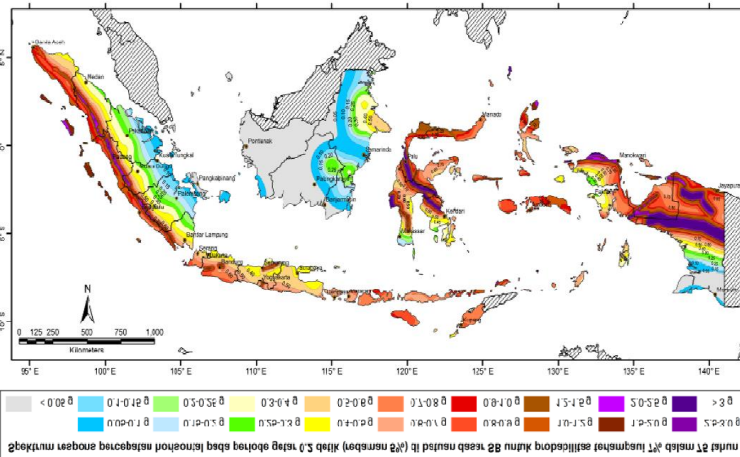
Peta gempa dalam ketentuan ini meliputi peta percepatan puncak batuan dasar (PGA) dan respons spektra percepatan 0,2 detik dan 1 detik di batuan dasar yang mewakili level hazard (potensi bahaya) gempa 1000 tahun dengan kemungkinan terlampaui 7% dalam 75 tahun. Penjelasan untuk masing-masing peta dapat dilihat pada *tabel 2.7*

*Tabel 2.7 Penjelasan peta gempa 2010*

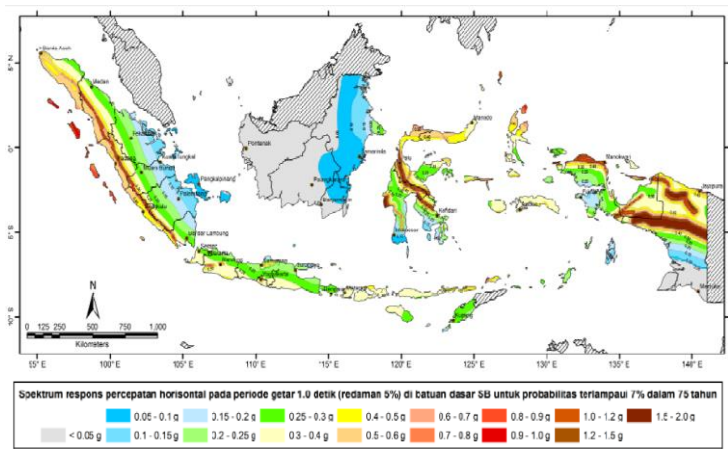
No.	No Gambar	Level Gempa	Keterangan
1	Gambar 2.9	7% dalam 75 tahun (gempa $\approx$ 1000 tahun)	Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA)
2	Gambar 2.10		Peta respons spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar ( $S_s$ )
3	Gambar 2.11		Peta respons spektra percepatan 1,0 detik di batuan dasar ( $S_1$ )



*Gambar 2.10 Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun*



Gambar 2.11 Peta respons spektra percepatan 0.2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun



Gambar 2.12 Peta respons spektra percepatan 1 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun

### 2.5.3 Pengaruh situs

#### a) Definisi kelas situs

Klarifikasi situs pada pasal ini ditentukan untuk lapisan setebal 30 m sesuai dengan yang didasarkan pada korelasi dengan hasil penyelidikan tanah lapangan dan laboratorium.

*Tabel 2.8 Jenis tanah berdasarkan SNI 2833-2013*

Kelas Situs	$\bar{V}_s$ (m/s)	$\bar{N}$	$\bar{S}_u$ (kPa)
A. Batuan Keras	$\bar{V}_s \geq 1500$	N/A	N/A
B. Batuan	$750 < \bar{V}_s \leq 1500$	N/A	N/A
C. Tanah Sangat Padat dan Batuan Lunak	$350 < \bar{V}_s \leq 750$	$\bar{N} > 50$	$\bar{S}_u \geq 100$
D. Tanah Sedang	$175 < \bar{V}_s \leq 350$	$15 \leq \bar{N} \leq 50$	$50 \leq \bar{S}_u \leq 100$
E. Tanah Lunak	$\bar{V}_s < 175$	$\bar{N} < 15$	$\bar{S}_u < 50$
	Atau setiap profil lapisan tanah dengan ketebalan lebih dari 3 m dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ , 2. Kadar air ( $w$ ) $\geq 40\%$ , dan 3. Kuat geser tak terdrainase $\bar{S}_u < 25$ kPa		
F. Lokasi yang membutuhkan penyelidikan geoteknik dan analisis respons dinamik spesifik	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik seperti : - Rentan dan berpotensi gagal terhadap beban gempa seperti likuifaksi, tanah lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung organik tinggi dan/atau gambut (dengan ketebalan $> 3$ m) - Plastisitas tinggi (ketebalan $H > 7.5$ m dengan $PI > 75$ ) - Lapisan lempung lunak/medium kaku dengan ketebalan $H > 35$ m		

Disarankan menggunakan sedikitnya 2 (dua) jenis penyelidikan tanah yang berbeda dalam pengklarifikasian jenis tanah ini. Pada Tabel 2.8  $\bar{V}$ ,  $\bar{N}$ ,  $\bar{S}$  adalah nilai rata-rata cepat rambat gelombang geser, hasil uji penetrasi standar, dan kuat geser tak



terdrainase dengan tebal lapisan tanah sebagai besaran pembobotnya dan harus dihitung menurut persamaan-persamaan sebagai berikut :

$$\overline{V}_s = \frac{\sum_{i=1}^m t_i}{\sum_{i=1}^m \left( \frac{t_i}{V_{si}} \right)}$$

$$\overline{N} = \frac{\sum_{i=1}^m t_i}{\sum_{i=1}^m \left( \frac{t_i}{N} \right)}$$

$$\overline{S}_u = \frac{\sum_{i=1}^m t_i}{\sum_{i=1}^m \left( \frac{t_i}{S_{ui}} \right)}$$

Dimana :

$t_i$  = tebal lapisan tanah ke – i

$V_{si}$  = kecepatan rambat gelombang geser melalui lapisan tanah ke-i

$N_i$  = nilai hasil uji penetrasi standar lapisan tanah ke-i

$S_{ui}$  = kuat geser tak terdrainase lapisan tanah ke-i

$m$  = jumlah lapisan tanah yang ada diatas batuan dasar

$\sum_{i=1}^m$  = 30 m

#### b) Faktor situs

Untuk penentuan respons spektra dipermukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi pada periode nol detik, periode pendek ( $T=0,2$  detik) dan periode 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode nol detik ( $F_{PGA}$ ),

faktor amplifikasi periode pendek ( $F_a$ ) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik ( $F_v$ ). **Tabel 2.9** dan **Tabel 2.10** memberikan nilai-nilai  $F_{PGA}$ ,  $F_a$ ,  $F_v$  untuk berbagai klarifikasi jenis tanah.

*Tabel 2.9 Faktor amplifikasi untuk periode 0 detik dan 0,2 detik  
( $F_{PGA}/F_a$ )*

Kelas situs	$PGA \leq 0,1$ $S_s \leq 0,25$	$PGA = 0,2$ $S_s = 0,5$	$PGA = 0,3$ $S_s = 0,75$	$PGA = 0,4$ $S_s = 1,0$
Batuan Keras (SA)	0,8	0,8	0,8	0,8
Batuan (SB)	1,0	1,0	1,0	1,0
Tanah Keras (SC)	1,2	1,2	1,1	1,0
Tanah Sedang (SD)	1,6	1,4	1,2	1,1
Tanah Lunak (SE)	2,5	1,7	1,2	0,9
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS

Catatan : Untuk nilai-nilai antara dapat dilakukan interpolasi linier

Dimana :

PGA = Percepatan puncak batuan dasar mengacu pada Peta Gempa Indonesia 2010 (*Gambar 2.9*)

$S_s$  = Parameter respons spektral percepatan gempa untuk periode pendek ( $T=0,2$  detik) mengacu pada Peta Gempa Indonesia 2010 (*Gambar 2.10*)

SS = Lokasi yang memerlukan investigasi geoteknik dan analisis respons dinamik spesifik

Tabel 2.10 Besarnya nilai faktor amplifikasi untuk periode 1 detik ( $F_v$ )

Kelas situs	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$
Batuan Keras (SA)	0,8	0,8	0,8	0,8
Batuan (SB)	1,0	1,0	1,0	1,0
Tanah Keras (SC)	1,7	1,6	1,5	1,4
Tanah Sedang (SD)	2,4	2,0	1,8	1,6
Tanah Lunak (SE)	3,5	3,2	2,8	2,4
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS

Catatan : Untuk nilai-nilai antara dapat dilakukan interpolasi linier

Dimana :

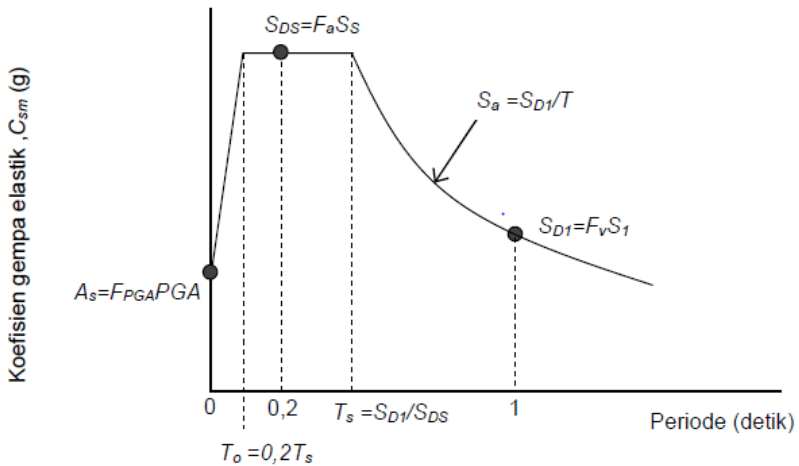
$S_1$  = Parameter respons spektral percepatan gempa untuk periode 1 detik mengacu pada Peta Gempa Indonesia 2010 (*Gambar 2.11*)

SS = Lokasi memerlukan investigasi geoteknik dan analisis respons dinamik spesifik.

### 3. Karakterisasi bahaya gempa

#### a) Respons spektrum rencana

Respons spektra adalah nilai yang menggambarkan respons maksimum dari sistem berderajat kebebasan tunggal pada berbagai frekuensi alami (periode alami) teredam akibat suatu goyangan tanah. Untuk kebutuhan praktis, maka respons spektra dibuat dalam bentuk respons spektra yang sudah disederhanakan.



Gambar 2.13 Bentuk tipikal respons spektra dipermukaan tanah

Respons spektra di permukaan tanah ditentukan dari 3 nilai percepatan puncak yang mengacu pada peta gempa Indonesia 2010 ( $PGA$ ,  $S_S$  dan  $S_1$ ), serta nilai faktor amplifikasi  $F_{PGA}$ ,  $F_a$ , dan  $F_v$ . Perumusan respons spektra adalah sebagai berikut :

$$A_S = F_{PGA} \times PGA$$

$$S_{DS} = F_a \times S_S$$

$$S_{D1} = F_v \times S_1$$

b) Kategori kinerja seismik

Salah satu empat zona gempa berdasarkan spektra ppercepatan periode 1 detik ( $S_{D1}$ ) sesuai Tabel 2.10.

Koefisien percepatan ( $S_{D1}$ )	Zona gempa
$S_{D1} \leq 0,15$	1
$0,15 < S_{D1} \leq 0,30$	2
$0,30 < S_{D1} \leq 0,50$	3
$S_{D1} > 0,50$	4

*Catatan* :  $S_{D1} = F_v \times S_1$

$S_{D1}$  adalah nilai spektra permukaan tanah pada periode 1,0 detik

$F_v$  adalah nilai faktor amplifikasi untuk periode 1 detik ( $F_v$ )

#### 2.5.4 Kombinasi Pembebanan

Di dalam *Standard Design Criteria For Port in Indonesia (1984)* tidak mengatur cara kombinasi pembebanan tetapi hanya mengatur besarnya beban-beban yang bekerja. Sedangkan pada *Technical Standards For Port and Harbour Facilities in Japan (2009) pasal 8.3 ayat 1* disebutkan bahwa beban gempa, angin dan gaya tarik boulder dianggap sebagai beban pada kondisi khusus.

Pada dasarnya pembebanan struktur yang ada perlu dikombinasikan untuk memperkirakan kemungkinan terjadinya beberapa beban. Kombinasi beban ini dilakukan memperoleh kondisi pembebanan maksimum pada dermaga dan tertle. Dalam perencanaan ini dipergunakan kombinasi beban berdasarkan **SKSNI 03-2847-2002** dan **RSNI 2833-2013**

1. 1,4DL
2. 1,2DL + 1,6LL
3. 1,2DL + 1,0LL + 1,0EL
4. 1,4DL + 1,4WL + 1,4A
5. 1,2DL + 1,6LL + 1,2WL + 1,2A + 1,6ML
6. 1,2DL + 1,6LL + 1,2WL + 1,2A + 1,2BL
7. 1,2DL + 0,5LL  $\pm$  EQx  $\pm$  0,3EQy
8. 1,2DL + 0,5LL  $\pm$  EQy  $\pm$  0,3EQx

Dimana :

DL = Dead Load (beban mati)

LL = Live Load (beban hidup)

ML = Mooring Load (beban tambat)

BL = Berthing Load (beban benturan)

EQ = Seismic Load (beban gempa arah)

WL = Wave Load (beban gelombang)

A = Beban Arus

## **2.6 Perencanaan konstruksi bawah dermaga (*lower structure*)**

### **2.6.1 Pemilihan tiang pancang**

Tipe material untuk tiang pancang meliputi : kayu, beton *precast*, beton prestress, pipa baja bulat maupun kotak dengan atau tanpa sepatu tiang, baja pita yang dibentuk pipa, profil baja bentuk I atau H dengan atau tanpa selimut beton, tiang ulir baja, dan sebagainya. Penjelasan mengenai tipe-tipe tiang pancang sebagai berikut :

1. ***Tiang Pancang Kayu***, hanya digunakan pada dermaga untuk sandar kapal rakyat di bawah 100 DWT, mampu menembus tanah dengan SPT maksimum 25 dan kedalaman 15 m, di samping itu umur konstruksi sangat pendek maksimum 15 tahun bila dirawat dapat sedikit lebih lama. Dengan harga kayu yang berkualitas baik makin mahal tiang ini menjadi semakin jarang digunakan.
2. ***Tiang Pancang Beton***, baik *precast* maupun prestress memiliki keuntungan harganya murah dan tidak membutuhkan bahan pelindung anti korosi. Kerugiannya adalah kekuatan bahan rendah dan bila terlalu berat akan menyulitkan pengangkatan, tidak bisa menembus lapisan tanah keras (maksimum SPT < 40), bila dipancang lebih dari 15 m cenderung pecah atau meleset di bagian bawah, posisi

sambungan akan banyak dan merupakan titik terlemah menghadapi gaya horizontal setempat tetapi kuat terhadap gaya vertical dalam hal ini berupa tekan.

3. **Tiang Pancang Baja**, dengan berbagai tipe yang ada dapat dipilih sesuai kondisi tanah setempat, dimana pipa baja dengan sepatu dapat menembus  $SPT < 60$  blow/10 cm sedang baja profil dapat menembus hingga  $SPT = 125$ . Penggunaan pipa baja berdiameter besar akan mampu bertahan terhadap tekanan gelombang.

### 2.6.2 Perencanaan tiang pancang

Dalam analisa dan desain pondasi tiang pancang menggunakan program SAP 2000, tumpuan diasumsikan jepit dengan terlebih dahulu dilakukan perhitungan letak titik jepit yang terjadi dalam tanah.

#### 2.6.2.1 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang

Perhitungan tiang pancang (pondasi) meliputi :

1. Pembebanan  
Berdasarkan hasil perhitungan struktur utama (dengan menggunakan program SAP2000), maka dapat dihitung gaya-gaya yang bekerja pada tiang pancang tegak dan miring.
2. Data tanah  
Dari hasil penyelidikan tanah (Standard Penetration Test – SPT), diperoleh data-data yang diperlukan untuk perhitungan daya dukung tiang pancang.
3. Perhitungan daya dukung tiang pancang vertikal berdasarkan *Technical Standards for Port and Harbour Facilities in Japan 2009 hal. 124*

- Untuk perhitungan tiang pancang lurus pada kondisi tanah berpasir (sandy soil)

$$Q_u = 40 N A_p + \frac{N A_s}{5}$$

Dengan :

$Q_u$  = Daya dukung tanah maksimum pondasi

$A_p$  = Luas ujung tiang pancang ( $m^2$ )

$A_s$  = Luas total permukaan tiang pancang ( $m^2$ )

$N$  = Nilai  $N$  pada tanah ujung tiang pancang

Pada hal ini, nilai  $N$  didapatkan dengan rumus perhitungan :

$$N = \frac{N_1 + N_2}{2}$$

Dengan :

$N_1$  = Apabila nilai yang didapatkan lebih kecil dari nilai  $N$  pada ujung tiang atau

rata-rata nilai  $N$  pada area ujung tiang sampai  $2B$

$N_2$  = Rata-rata nilai  $N$  pada area ujung tiang sampai  $10B$  di atasnya

$B$  = Diameter tiang pancang (m)

- Untuk perhitungan tiang pancang lurus pada kondisi tanah kohesif (cohesive soil)

$$Q_u = 8 c_p A_p + c_a A_s$$

Dengan :

$c_p$  = Kohesif pada ujung tiang ( $tf/m^2$ )

$c_a$  = Rata-rata adhesive untuk panjang tiang yang tertanam ( $tf/m^2$ )

4. Perhitungan daya dukung tiang pancang terhadap gaya horizontal



Pada perhitungan daya dukung tiang, dipakai perhitungan dengan metode chang' berdasarkan *Technical Standards for Ports and Harbour Facilities in Japan 2009 hal. 130*.

#### **2.6.2.2 Penentuan Jenis Tanah**

Gelombang gempa merambat melalui batuan dasar dibawah permukaan tanah dari kedalaman batuan dasar ini gelombang gempa merambat ke permukaan tanah sambil mengalami pembesaran atau amplifikasi bergantung pada jenis lapisan tanah yang berada di atas batuan dasar tersebut. Ada tiga kriteria yang dipakai untuk mendefinisikan batuan dasar yaitu:

1. Standard penetrasi test (N)
2. Kecepatan rambat gelombang geser ( $V_s$ )
3. Kekuatan geser tanah ( $S_u$ )

Definisi dari jenis-jenis tanah tersebut ditentukan atas tiga (3) kriteria, yaitu  $V_s$ , N dan kekuatan geser tanah ( $S_u$ ). Untuk menetapkan jenis tanah minimal tersedia 2 dari 3 kriteria, dimana kriteria yang menghasilkan jenis tanah yang lebih lunak adalah yang menentukan.

## 2.7 Analisa Struktur dan Penulangan

### 2.7.1 Perencanaan Penulangan Plat

Perencanaan penulangan plat dihitung dengan metode momen ultimate didasarkan pada besarnya momen yang terjadi akibat beban yang bekerja. Momen plat dihitung dalam dua kondisi pembebanan yaitu saat sebelum komposit, dimana plat terkondisi statis tertentu dan kondisi sesudah komposit plat terkondisi statis tak tentu.

Perhitungan momen pada kondisi komposit menggunakan program SAP2000, dengan asumsi bahwa plat merupakan plat lentur yang dianggap terjepit secara elastic pada keempat sisinya. Hal ini dikarenakan pada penampang plat di atas tumpuan masih bisa terjadi perputaran serta terjadi pemerataan momen antar daerah tumpuan dan lapangan.

Jika digunakan asumsi bahwa plat terjepit secara penuh, maka akan terjadi konsentrasi momen yang lebih besar pada daerah tumpuan dibandingkan daerah lapangan.

Untuk perhitungan tulangan plat sebelum komposit dilakukan dengan menganggap plat terletak secara bebas. Berdasarkan *Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan BMS (1992) pasal 6.7.1 hal 6-75* metode perhitungan yang digunakan dengan langkah-langkah perhitungan sebagai berikut :

1. Analisis Struktur SAP2000, pilih momen ultimate *Perencanaan Teknik Jembatan BMS (1992) pasal 6.4* dan masukan selimut keawetan sesuai peraturan yang sama.
2. Hitung  $\gamma$  untuk  $f_c'$  sesuai peraturan pasak 6.6.1.3 yaitu :  

$$\gamma = 0,85 - (0,0077 (f_c' - 28)) \text{ dan } 0,65 \leq \gamma \leq 0,85$$

3. Hitung nilai daari kekuatan rencana dari penampang yang terlentur berdasarkan pasal 6.6.1.3.2. hal 6.50 harus diambis sebesar :

$$M_{ud} = \frac{M^*}{K_C^T}$$

Dengan :

$M_{ud}$  = kekuatan Ultimate dengan penampang terlentur

$M^*$  = kekuatan rencana dari penampang yang terlentur (KNm)

$K_C^T$  = Faktor reduksi kekuatan untuk beton structural = 0,75 (penulangan lentur)

4. Hitung nilai non dimensional dari :

$$\frac{M_{ud}}{bd^2}$$

5. Dari hasil perhitungan diatas, lihat tabel penulangan balok, maka akan diperoleh :

Nilai rasio tulangan tarik atau  $\frac{A_{st}}{bd}$

Nilai rasio tulangan tekan atau  $\frac{A_{sc}}{bd}$

Dengan :

$A_{ST}$  = luas penampang melintang tulangan tarik

$A_{SC}$  = luas penampang melintang tulangan tekan

6. Cek rasio tulangan tarik dengan rasio tulangan minimum dengan persamaan berikut :

$$\frac{A_{ST}}{b_w d} \geq \frac{1,4}{f_{sy}}$$

$$b_w d$$

$$f_{sy}$$

7. Menentukan nilai  $A_{sc}$  dan  $A_{st}$  perlu :

$$A_{SC} = \frac{A_{sc}}{bd} \cdot b \cdot d$$

$$A_{ST} = \frac{A_{st}}{bd} \cdot b \cdot d$$

Cek apakah baja tulangan tekan dalam keadaan leleh atau belum dengan nilai :

$$\frac{A_{st}}{bd} \leq 1$$

8. Tentukan nilai tulangan perlu dan tulangan pasang dengan menggunakan ***Tabel 5.70 Bridge Desain Manual BMS (1992) hal 5-155***

### 2.7.2 Kontrol Stabilitas Plat Lantai Dermaga

Kontrol stabilitas pada plat meliputi tinjauan terhadap retak dan lendutan sebagai berikut :

- Kontrol stabilitas retakan

Berdasarkan ***Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, BMS (1992) pasal 5.3.1*** retakan lentur dalam pelat bertulang, dianggap terkendali bila jarak antara pusat - pusat batang tulangan dalam tiap arah tidak melebihi nilai lebih kecil dari D atau 300 mm. Batang dengan diameter lebih kecil dari setengah diameter batang terbesar dalam penampang melintang harus diabaikan.

- Kontrol stabilitas lendutan

Berdasarkan ***Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, BMS (1992) pasal 5.3*** lendutan untuk plat dan gelagar harus dibatasi sedemikian bahwa :

1. Lendutan akibat pengaruh tetap (lawan lendut atau lendutan) adalah dalam batas yang wajar, yaitu :  
 $0 < \Delta L/300$
2. Lendutan pada beban hidup layan, termasuk kejut, yaitu :  
 $0 < \Delta L/800$  (untuk bentang)

$0 < \Delta L/300$  (untuk kantilever)

Dengan :

$\Delta$  = lendutan yang terjadi

➤ Lendutan Sesaat dan Lendutan jangka panjang

Berdasarkan ***Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, BMS (1992) pasal 5.3*** lendutan sesaat ditentukan sebagai berikut :

1. Menentukan lendutan sesaat dari analisa struktur SAP2000 akibat pengaruh beban tetap dan sementara
2. Menentukan lendutan jangka panjang berdasarkan ***Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, BMS (1992) pasal 5.3*** untuk menentukan nilai jangka panjang ( $\Delta_{LT}$ ) pada plat bertulang (dan gelagar) lendutan sesaat akibat beban tetap yang ditinjau dengan nilai pengali  $K_{cs}$  dengan ketentuan sebagai berikut :

$$K_{cs} = 2,0 \cdot 1,2 \frac{A_{sc}}{b d} \geq 0,8$$

Dengan  $A_{sc} / A_{st}$  pada gelagar menerus diambil pada tengah bentang.

### 2.7.3 Penulangan pada Balok

Penulangan balok dermaga juga dilakukan dengan kondisi sebelum komposit maupun pada kondisi sesudah komposit direncanakan dengan tulangan rangkap. Dalam perhitungan penulangan perlu dilakukan kontrol retak dan lendutan (baik lendutan sesaat dan jangka panjang) berdasarkan ***Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, BMS (1992) pasal 5.4.2 hal 5.94***. Dan untuk analisa mekanika untuk menghasilkan momen, gaya lintang dan

nilai-nilai analisa struktur menggunakan SAP2000. Penulangan pada balok diperhitungkan terhadap lentur, geser, torsi dan lendutan yang terjadi dengan beban yang sesungguhnya serta kontrol letak pada penampang balok.

➤ Penulangan Geser

Untuk penulangan kekuatan plat lantai dermaga terhadap geser menurut **Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, BMS (1992) pasal 5.4.2** dengan prosedur sebagai berikut :

1. Tentukan gaya geser rencana  $V$  dari analisis struktur
2. Tentukan besaran bahan  $f_c'$  dan  $f_{sy}$  sesuai peraturan BMS 1992, selimut keawetan dan tentukan dimensi penampang, tinggi ( $d$ ) dan lebar badan ( $b_v$ ).
3. Hitung nilai dari :

- Batas kehancuran badan  $V_{u \text{ maks}}$ , maka :

$$V_{u \text{ maks}} = 0,2 f_c' \cdot b_v \cdot d_0$$

- Kekuatan geser tanpa tulangan geser  $V_{uc}$

$$V_{uc} = \beta_1 \beta_2 \beta_3 b_v d_0 \left( \frac{A_{st} f_c'}{b_v d_0} \right)^{1/3}$$

Dengan :

$V_{uc}$  = kekuatan geser ultimate

$$\beta_1 = 1,4 - (d_0/2000) \geq 1,1$$

$$\beta_2 = 1$$

$= 1 - N^*/(3,5 A_g) \geq 0$ , untuk komponen akibat tarik aksial yang cukup besar.

$$= 1 - N^*/(14 A_g) \geq 0, \text{ untuk komponen akibat tekan aksial yang cukup besar.}$$

tekan aksial yang cukup besar.

$$\beta_3 = 1 - N^*/(3,5 A_g) \geq 0, \text{ untuk komponen akibat tarik aksial yang cukup besar.}$$

$A_{st}$  = Luas potongan melintang dari tulangan memanjang yang dipasang pada daerah

tarik dan diangker sepenuhnya pada penampang melintang yang ditinjau.

$b_v$  = lebar badan gelagar.

$f_c'$  = kekuatan tekan karakteristik beton

$d_0$  = jarak dari serat tekan terjauh terhadap titik berat tulangan tarik

Kekuatan geser tanpa penulangan minimum  $V_{u \min}$

$$V_{u \min} = V_{uc} + 0,6 b_v \cdot d_0$$

Cek kekuatan terhadap kehancuran badan

$$V^* = V_{u \max}$$

(Kuat terhadap kehancuran badan)

$$V^* > V_{u \max}$$

(terjadi kehancuran badan, maka perlu diperbesar dimensi)

Cek kondisi

$$a) V^* > K_C^R \times V_{uc}$$

$$D \leq 250 \text{ atau } 0,5 b_v \text{ (pilih yang terbesar)}$$

$$b) V^* \leq K_C^R \times V_{u \min}$$

$$V^* > K_C^R \times V_{uc}$$

$$D > 250 \text{ atau } 0,5 b_v \text{ (pilih yang terbesar)}$$

Perlu tulangan geser minimum ( $A_{sv}$ )

$$A_{sv \min} = 0,35 \left( \frac{b S}{f_{sy} f} \right)$$

$$S \geq 0,75 D$$

$$S \geq 500 \text{ mm (dipilih yang terkecil)}$$

$$c) V^* > K_C^R \times V_{u \min}$$

perlu tulangan geser minimum

$$A_{sv} = \frac{V_{us} S}{f_{sy} \cdot f \cdot d_0 \cdot \cot \theta}$$

Dengan kekuatan geser ultimate ( $V_{us}$ )

$$\frac{V^*}{K_C^R}$$

$$V_{us} = - V_{uc}$$

$$S \geq 0,5D$$

$$\geq 300 \text{ mm (pilih yang terkecil)}$$

d) Cek nilai jarak antara tulangan

$$S \geq 0,5 D$$

$$\geq 600 \text{ mm (pilih yang terkecil)}$$

### ➤ **Penulangan Terhadap Torsi**

Hal ini diterapkan untuk balok yang memikul puntir yang dikombinasikan dengan lentur dan geser. Berdasarkan **Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, BMS (1992) Vol 1, pasal 5.4.3**. Langkah-langkah dan geser adalah sebagai berikut :

- Masukkan rencana momen puntir  $T^*$  dan momen tumpuan plat dermaga dari analisis struktural.
- Masukkan besaran bahan  $f_c'$  dan  $f_{sy}$  dan dimensi penampang dimana  $x$  = sisi pendek dan  $y$  = sisi panjang
- Hitung modulus puntir penampang ( $J_t$ ) untuk penampang persegi sesuai pasal 6.6.3.4 yaitu :

$$J_t = 0,4x^2 y$$

Dengan :

$x$  = sisi pendek

$y$  = sisi panjang

- Hitung kekuatan batas kehancuran badan, dengan rumus berikut :

$$\frac{T^*}{K_C^R \times T_{u \text{ maks}}} + \frac{V^*}{K_C^R \times V_{u \text{ maks}}} .$$

- Hitung  $T_{uc}$  dengan rumus :

$$T_{uc} = J_t (0,3\sqrt{f_c'})$$



f) Cek kondisi keperluan tulangan Torsi

- Kondisi 1

$$T^* < 0,25 K_C^R T_{uc}$$

Tidak perlu tulangan torsi

- Kondisi 2

$$T^* \geq 0,25 K_C^R T_{uc}$$

$$\frac{T^*}{K_C^R \times T_{uc}} + \frac{V^*}{K_C^R \times V_{uc}} \leq 1$$

$$D > 250 \text{ mm dan } b_v/2$$

Tidak perlu tulangan torsi

- Jika kedua kondisi tersebut tidak memenuhi maka perlu tulangan torsi

g) Hitung luas sangkar tulangan,  $A_t$  dan keliling  $U_t$

$$A_t = D' \times b'$$

$$U_t = 2 (D' + b')$$

Dengan :

$D'$  = jarak tulangan tepi tekan dan tepi tarik

$B'$  = jarak tulangan tepi kanan dengan tulangan tepi kiri

h) Hitung  $\frac{A_{sw}}{s}$  yang diperlukan :

Mengingat bahwa

$$T_{us} = f_{sy} \cdot f \cdot \frac{A_{sw}}{s} 2A_l \cot \phi_t$$

$\phi_t$  secara konservatif diambil  $45^\circ$

$T_{us} \geq T^*/K_C^R$ , maka didapat :

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{T^*/K_C^R}{2f_{sy} \cdot f A_t}$$

Dengan :

$A_{sw}$  = Luas penampang melintang baja bulat  
yang membentuk sengkang tertutup

$T^*$  = Momen puntir rencana

$F_{sy,f}$  = Kuat leleh pengikat

$A_t$  = Luas polygon

Periksa apakah  $\frac{A_{sw}}{s} \geq \frac{A_{sw}}{s} (\min)$

Dengan :

$$\frac{A_{sw}}{s} (\min) = \frac{0,2 \times \gamma}{f_{sy} \cdot f}$$

- i) Periksa agar  $s < \text{jarak antara maks } S_{maks} (300 \text{ mm})$   
dengan  $S_{maks} = 0,12 \times 300 \text{ mm}$

- j) Hitung tulangan memanjang pada :

$$\text{Daerah tarik } A_s = 0,25 \frac{A_{sw}}{s} U_t \cdot \cot^2 \phi_1$$

$$\text{Daerah tekan } A_s = 0,25 \frac{A_{sw}}{s} U_t \cdot \cot^2 \phi_1 \cdot f_c$$

- k) Periksa  $A_s > A_{s \min}$

$$\text{Dengan : } A_{s \min} = \frac{0,2 Y_1 U_1}{f_{sy}}$$

## 2.7.4 Kontrol Stabilitas Balok

### ➤ Kontrol Retakan Balok

Retakan gelagar dianggap terkendali pada keadaan layan, oleh pembagian penulangan sedemikian berdasarkan **Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, BMS (1992) Vol 1, pasal 5.3.1.a :**

1. Jarak tulangan dari pusat ke pusat ( $s'$ ) dekat muka yang ditarik dari balok tidak melebihi 200 mm ( $s' < 200 \text{ mm}$ )
2. Jarak tepi atau dasar balok ke pusat tulangan memanjang ( $dc'$ ) jangan lebih dari 100 mm ( $dc' < 100 \text{ mm}$ )

### ➤ Kontrol Lendutan Balok (dan plat)

Berdasarkan *Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, BMS (1992) Vol 1, pasal 5.3.2.a*, lendutan pada balok (dan plat) harus dibatasi bahwa :

1. Jarak antara pusat-pusat batang tulangan dekat permukaan tarik balok tidak boleh melebihi 200 mm.
2. Lendutan pada beban hidup layan, termasuk kejut, tidak boleh melebihi  $L/800$  untuk bentang  $L/400$  untuk kantilever.

Selanjutnya untuk perhitungan lendutan, baik lendutan sesaat maupun jangka panjang mengacu pada *Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, BMS (1992) Vol 1, pasal 5.3.2 hal. 5-3*.

#### **2.7.5 Penulangan Poer**

Penulangan pada poer (pile cap) adalah penulangan poer dengan menggunakan rumus sesuai dengan perhitungan yang ada pada **Penulangan Plat**.

#### **2.7.6 Penulangan Shear Ring**

Shear ring merupakan alat pemersatu bahan beton (balok poer) dengan baja (tiang pancang). Langkah-langkah penulangan shear ring adalah sebagai berikut :

- a) Menentukan gaya tekan maksimal yang bekerja pada tiang pancang yang merupakan hasil kombinasi beban geser ultimit output SAP2000.
- b) Tentukan kekuatan tiang pancang.  

$$P_{\text{beton dalam tiang}} = \text{luas penampang beton} \times 0,85 \cdot K_C^R \cdot f_c'$$
- c) Kontrol kekuatan ring  

$$V_{\text{shear ring}} = \text{luas penampang beton} \times 0,85 \cdot K_C^R \cdot f_c'$$

Dengan :

$n$  = jumlah banyaknya shear ring

d) Kontrol retak beton

$V_c > V_u$  (OK) tidak retak

e) Kontrol kekuatan las

= (keliling las x tebal las) x  $\sigma_e$  x  $n$

f) Luas panjang penyaluran dari tiang ke struktur atas (beton)  
secara praktis dihitung sebagai berikut :

$A_{\text{tiang}} \times f_{sy\text{tiang}} = A_{\text{stperlu}} \times f_{sy\text{tulangan}}$

g) Panjang penyaluran

$$L_{sfl} = \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot f_{sy} \cdot A_b}{(2a + d_b) \sqrt{f_c'}} \geq 25 \times k_1 d_b$$

Dengan :

$k_1$  = 1,0

$k_2$  = 2,4

$A_b$  = luas penampang batang tulangan

$d_b$  = diameter tulangan

$2a$  = dua kali selimut pada batang tulangan, atau jarak bersih antara berdekatan yang mengembangkan tegangan, nilai mana lebih kecil

## 2.8 Uraian Pelaksanaan Pemancangan Tiang Pancang

### 2.8.1 Pekerjaan Persiapan Awal

Pekerjaan persiapan awal dilakukan agar memenuhi kebutuhan untuk pemancangan, pekerjaan awal meliputi :

1. Pengadaan tiang pancang
2. Pengukuran lokasi atau posisi tiang pancang
3. *Setup equipment*
4. Penyimpanan tiang pancang
5. Pengaturan lokasi material pancang

### **2.8.2 Pekerjaan Persiapan Pemancangan**

Persiapan awal telah dilakukan, selanjutnya perisapan pemancangan. Hal ini dilakukan agar memperlancar proses pemancangan yang ada di lapangan. Persiapan pemancangan meliputi :

1. Membuat skala pada tiang pancang menurut kedalamannya
2. Check posisi titik / koordinat pancang
3. Pengangkatan tiang pancang ke lokasi
4. Pengangkatan pile dilakukan dengan menggunakan sling baja yang diikatkan ke pile
5. Menentukan dimana lokasi pengangkatan yang diizinkan
6. Check ketegakkan tiang pancang terhadap 2 sumbu yang saling tegak lurus

### **2.8.3 Pekerjaan Pemancangan**

Setelah pekerjaan persiapan telah dilakukan, pemancangan siap dilakukan. Pekerjaan pemancangan meliputi :

1. Mempersiapkan seluruh alat berat ke lokasi
2. Menempatkan tiang pancang ke lokasi
3. Pemancangan tiang pancang menggunakan diesel hammer
4. Selama pemancangan pastikan posisi tiang pancang sesuai dengan yang direncanakan
5. Mencatat jumlah pukulan dari mulai sampai dengan berakhirnya pemancangan
6. Tiang pancang yang digunakan memiliki kedalaman kisaran 12-15 meter, apabila direncanakan dengan kedalaman lebih dalam dari tinggi tiang pancang maka dilakukan penyambungan

7. Penyambungan dilakukan dengan cara mengelas, lalu dilakukan pembersihan sisa dari pengelasan
8. Setelah dilakukan penyambungan, tiang pancang kembali di pancang sampai kedalaman yang direncanakan
9. Apabila terdapat kelebihan pada ketinggian tiang pancang, maka dapat dipotong dan ditempatkan di lokasi yang disediakan
10. Melakukan kalendering
11. Melakukan tes untuk menguji kekuatan seperti *Loading Test*.

***“HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN”***

### **BAB III**

### **METODOLOGI**

Dalam perencanaan struktur dermaga ini ada beberapa tahap yang akan dikerjakan. Tahap pertama yaitu, penetapan dimensi dermaga dan dimensi elemen struktur. Penetapan dimensi dermaga meliputi penetapan panjang, lebar, dan elevasi dermaga yang mengacu pada *Standard design Criteria for Ports in Indonesia (1984)*. Ada beberapa hal dalam penetapan dimensi elemen struktur yaitu elemen plat dan balok, poer dan tiang pancang.

Tahap kedua adalah perencanaan pembebanan yang meliputi beban vertikal dan beban horisontal. yang termasuk beban vertikal yaitu beban mati dan beban hidup. Sedangkan beban horisontal terdiri dari beban tumbukan kapal, beban tambat kapal, beban gempa, dan beban gelombang. Dalam perencanaan pembebanan ini berdasarkan peraturan *Standard Design Criteria for Ports in Indonesia (1984)* dan *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Jembatan SNI 03 – 2883 – 2013*

Tahap ketiga adalah penulangan elemen struktur plat dan balok. Perencanaan penulangan berdasarkan peraturan *SNI 2847-2013 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Tahap keempat adalah daya dukung pondasi. Dalam perhitungan daya dukung pondasi, pembebanan diperoleh dari permodelan struktur dan perhitungan daya dukung tiang pancang berdasarkan hasil penyelidikan tanah (Bor Log).



### 3.1. Pengumpulan Data

Dalam melakukan perencanaan struktur dermaga diperlukan data yang akan digunakan *preliminary design*. Data tersebut meliputi :

1. Data Bathymetri
2. Data topografi
3. Data arus dan pasang surut
4. Data kapal.
5. Data angin .
6. Data tanah.
7. Jenis dermaga.

### 3.2 Spesifikasi Kapal

Jenis kapal	: Bulk coal barge
Bobot Mati	: 5.000 DWT
Panjang kapal ( $L_{OA}$ )	: 73.15 m
Lebar (beam)	: 21.95 m
Draft	: 4,2 m

### 3.3 Spesifikasi Dermaga

1. Pembangunan dermaga baru dengan konstruksi beton cast in situ.
2. Panjang dermaga :  $2 \times (73,5 \text{ m} + 10 \text{ m}) = 157 \text{ m}$  atau dengan menggunakan pertimbangan  $2 \times (73,5 \text{ m} + 13,4) \text{ m} = 173,8 \text{ m}$ .
3. Struktur pondasi menggunakan pondasi tiang pancang baja.
4. Direncanakan dapat disandari 2 kapal bulk coal barge 5.000 DWT.
5. Pasang surut :
  - Pasang surut tertinggi (HHWL) : + 1,07 m

- Pasang surut terendah (LLWL) : - 0,78 m

### 3.4 Analisa Perencanaan Struktur

Analisa perencanaan struktur dermaga meliputi :

➤ Syarat teknis perencanaan

Syarat-syarat teknis perencanaan meliputi data perencanaan, data bahan, jenis-jenis beban yang bekerja pada struktur, serta kombinasi beban.

➤ Perencanaan dimensi struktur (*Preliminary Design*)

Langkah awal pada perencanaan struktur dermaga adalah merencanakan dimensi struktur. Dimana perencanaan dimensi ini meliputi dimensi dermaga, tebalplat, dimensi balok memanjang, balok melintang, dimensi poer, dan tiang pancang.

1. Perencanaan tebal plat dermaga
2. Dimensi balok melintang
3. Dimensi balok memanjang
4. Dimensi tiang pancang rencana
5. Dimensi poer

➤ Pembebanan

Beban-beban yang bekerja pada struktur dermaga meliputi beban horisontal dan vertikal dan kombinasi keduanya.

1. Beban Vertikal
  - Beban merata
  - Beban terpusat
2. Beban Horisontal
  - Beban benturan kapal (berthing force)
  - Beban tambatan kapal (mooring force)
  - Beban gempa

### 3. Kombinasi pembebanan

#### ➤ Perencanaan fender

Fender merupakan bantalan yang menahan benturan antara kapal dengan dermaga ketika kapal bersandar.

1. Perhitungan energi tambat
2. Jarak fender
3. Pemilihan fender
4. Elevasi fender dan gaya reaksi fender

#### ➤ Perencanaan boulder

Boulder merupakan alat yang berfungsi menahan kapal (tempat mengikat tali) ketika kapal bersandar atau tambat di dermaga agar tetap pada posisinya.

1. Gaya tambat kapal
2. Perhitungan boulder
3. Pemasangan boulder
4. Permodelan Struktur dan beban

#### ➤ Analisa struktur

Analisa struktur dermaga menggunakan program SAP 2000 V14.2.2 untuk mendapatkan gaya-gaya yang bekerja pada struktur dermaga dan momen yang bekerja pada plat dan balok.

#### ➤ Penulangan dan kontrol stabilitas struktur

Penulangan meliputi plat, balok memanjang, balok melintang, balok anak, dan poer. kontrol stabilitas diperlukan untuk menjamin perilaku struktur yang memadai pada kondisi beban kerja. kontrol meliputi kontrol terhadap retak dan lendutan.

#### ➤ Perencanaan tiang pancang

Perencanaan tiang pancang meliputi perhitungan daya dukung tiang akibat beban vertikal dan horisontal serta perhitungan faktor keamanan tiang pancang.

### **3.5 Penulisan Laporan**

Tugas akhir merupakan bentuk karya ilmiah, maka dalam pembuatan tugas akhir diperlukan laporan yang penulisannya disusun secara sistematis dan terperinci.

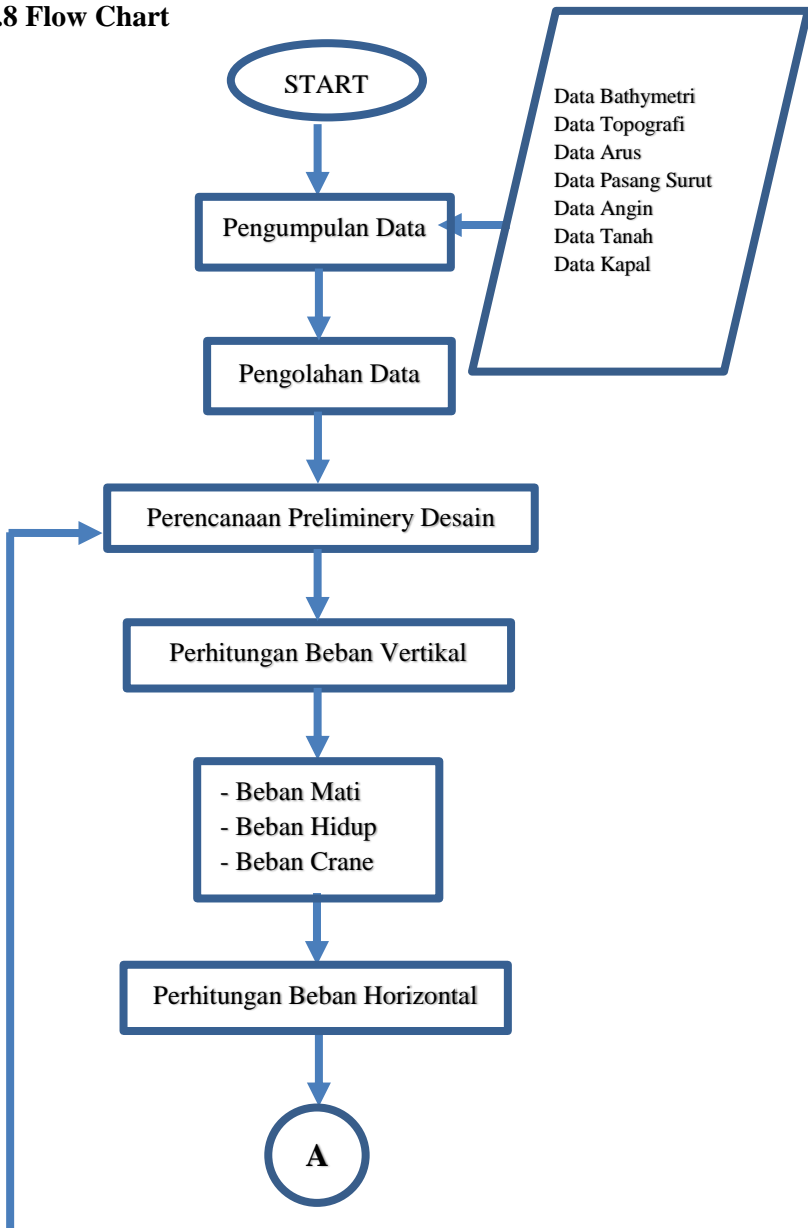
### **3.6 Penggambaran Struktur**

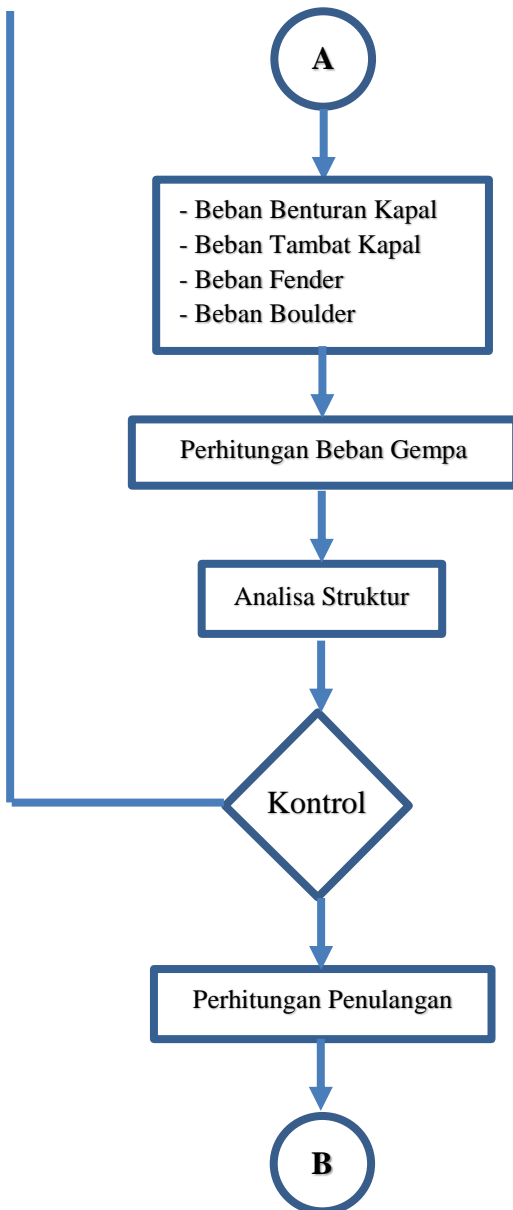
Setelah perhitungan struktur selesai, maka dilakukan penggambaran struktur yang dilakukan menggunakan autocad.

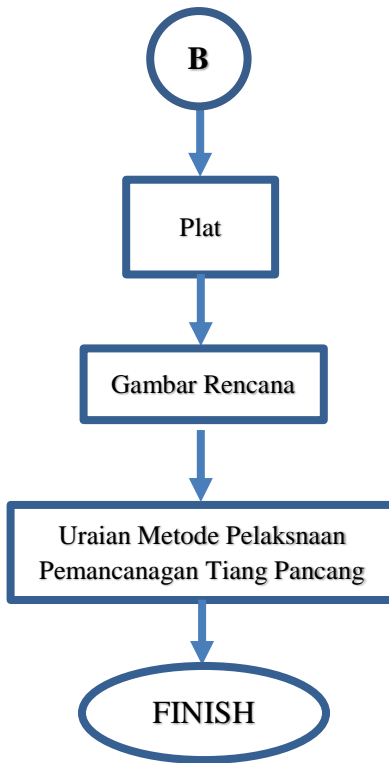
### **3.7 Pemaparan Pelaksanaan Pemancangan Tiang Pancang**

Di dalam tugas akhir ini memaparkan uraian tentang metode pelaksanaan pemancangan tiang pancang yang baik dan benar.

### 3.8 Flow Chart







*Gambar 3.1 bagan alir perencanaan tugas akhir (flow chart)*

## **BAB IV**

### **KRITERIA DESAIN**

#### **4.1. Kriteria Kapal Rencana**

Struktur dermaga ini direncanakan akan ditambahi oleh kapal mengangkut batu bara dengan bobot maksimum 2 x 5000 DWT. Dengan data spesifikasi sebagai berikut :

*Tabel 4.1 Spesifikasi Kapal Rencana*

Spesifikasi	Kapal 5000 DWT
Dead Weight Tonnage (DWT)	5000 ton
Length Overall (Loa)	73,15 m
Beam (B)	21,95 m
Loaded Draft (D)	4,2 m

Berdasarkan tabel 5.1. *Standard Design Criteria for Port in Indonesia, 1984* (Hal.10) mengenai kecepatan bertambat kapal, kapal dengan data di atas diperkirakan berlabuh dengan kecepatan 0.15 m/dtk.

#### **4.2. Material**

Material yang digunakan dalam perancangan ditetapkan sebagai berikut :

##### **4.2.1 Beton**

Beton yang digunakan merupakan beton bertulang biasa, dalam hal ini mengacu pada SNI 2847-2000. Beton  $f'_c = 29,05$  MPa pada umur 28 hari.



#### 4.2.2 Baja Tulangan

Mutu baja tulangan yang digunakan adalah sebagai berikut :

*Tabel 4.2 Spesifikasi Baja*

Tulangan $D \geq 13 \text{ mm}$ ; U39	$f_y =$	410 MPa
	$E_a =$	210000 MPa
	$\sigma_a =$	225 MPa

#### 4.2.3 Tiang Pondasi

Tiang pancang yang digunakan adalah tiang pancang pipa baja (Steel Pipe Pile) dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tiang pancang baja ASTM A 252:

*Tabel 4.3 Spesifikasi Tiang Pancang*

Spesifikasi	Dolphin, Wharf
Kekuatan	BJ 50
Teg. Putus Min ( $f_u$ )	500 MPa
Teg. Leleh Min ( $f_y$ )	290 MPa
Young Modulus (E)	200.000 MPa
Modulus Geser (G)	80.000 MPa
Nisbah Poisson ( $\mu$ )	0.3
Koef. Pemuaian ( $\alpha$ )	$12 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}$

Tiang pancang baja (Steel Pipe Pile) yang digunakan dalam perancangan dermaga, catwalk, mooring dolphin adalah tiang pancang dengan diameter 609,6 mm dengan ketebalan ( $t=16 \text{ mm}$ ) sesuai dengan brosur yg tersedia.

#### 4.3. Penetapan Tata Letak dan Dimensi

Adapun tata letak dan dimensi struktur dermaga sebagai berikut :

#### 4.3.1 Penetapan Tata Letak

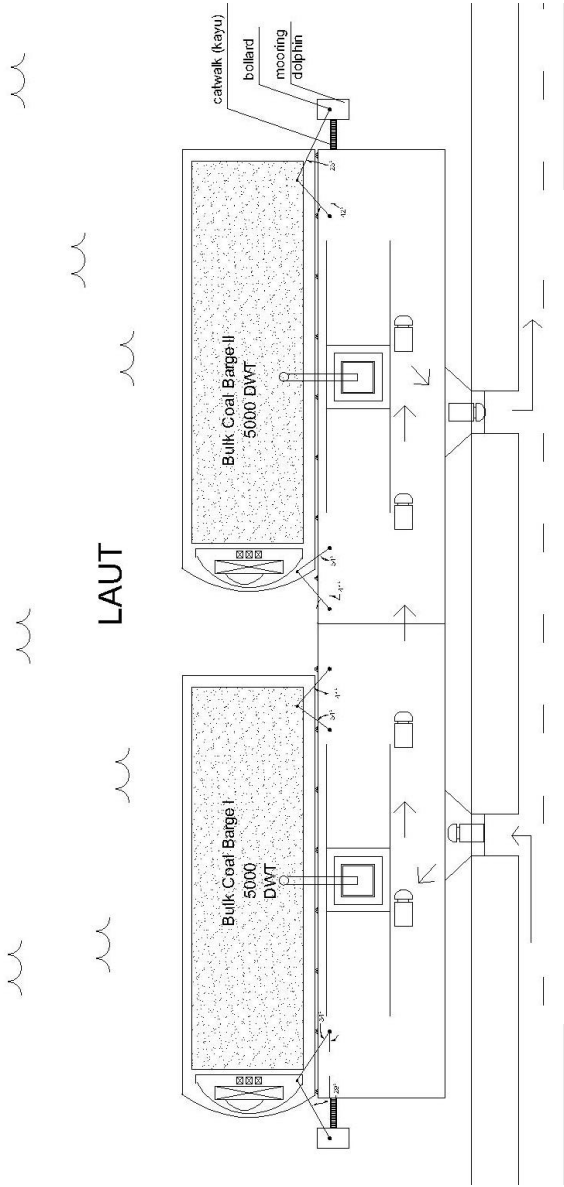
##### ➤ Dermaga

Berdasarkan *Standard design Criteria for Port in Indonesia, 1984*, penentuan awal dimensi dermaga dihitung dengan rumus  $Loa + 10\% \text{ } Lo a$  atau  $Loa + 10 \text{ m}$ . Sehingga diperoleh :

Panjang Dermaga mengikuti ukuran terbesar yaitu untuk kapal rencana sisi laut =  $2 \times (73,5 \text{ m} + 10 \text{ m}) = 157 \text{ m}$  atau dengan juga menggunakan pertimbangan  $2 \times (73,5 \text{ m} + 13,4) \text{ m} = 173,8 \text{ m}$ .

Mempertimbangkan adanya fasilitas mooring dolphin dan catwalk dengan panjang 8,4 m, maka diambil panjang dermaga total = 173,8 m.

Demikian pula dengan lebarnya, lebar dermaga ditentukan dengan memperhitungkan jarak tepi, kebutuhan maneuver *trailer*, *span rail crane* lebar, maka direncanakan lebar dermaga total 23,5 m.



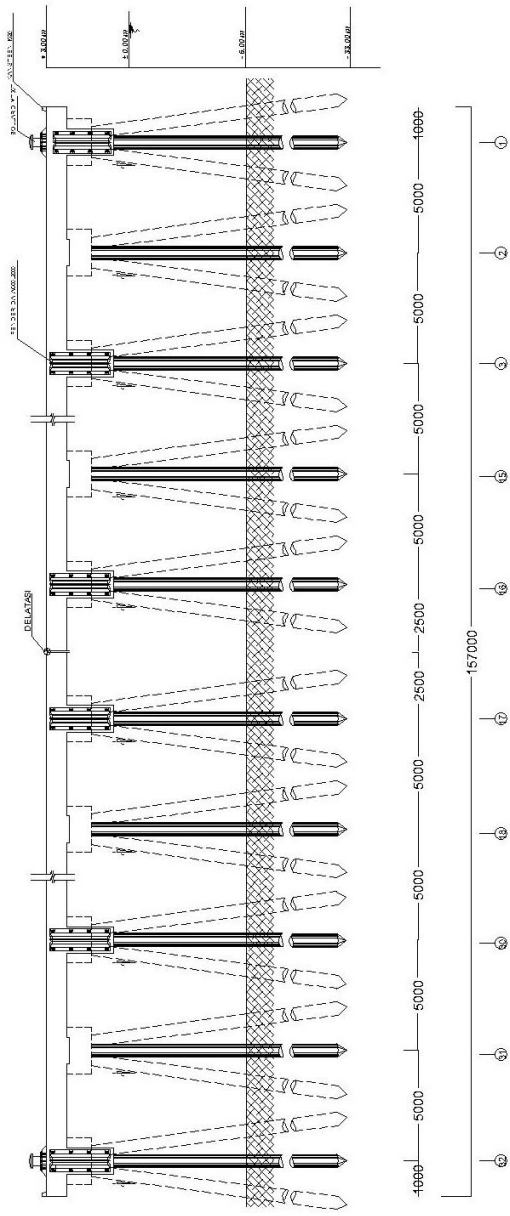
Gambar 4.1. Layout Dermaga

➤ **Elevasi Apron Dermaga**

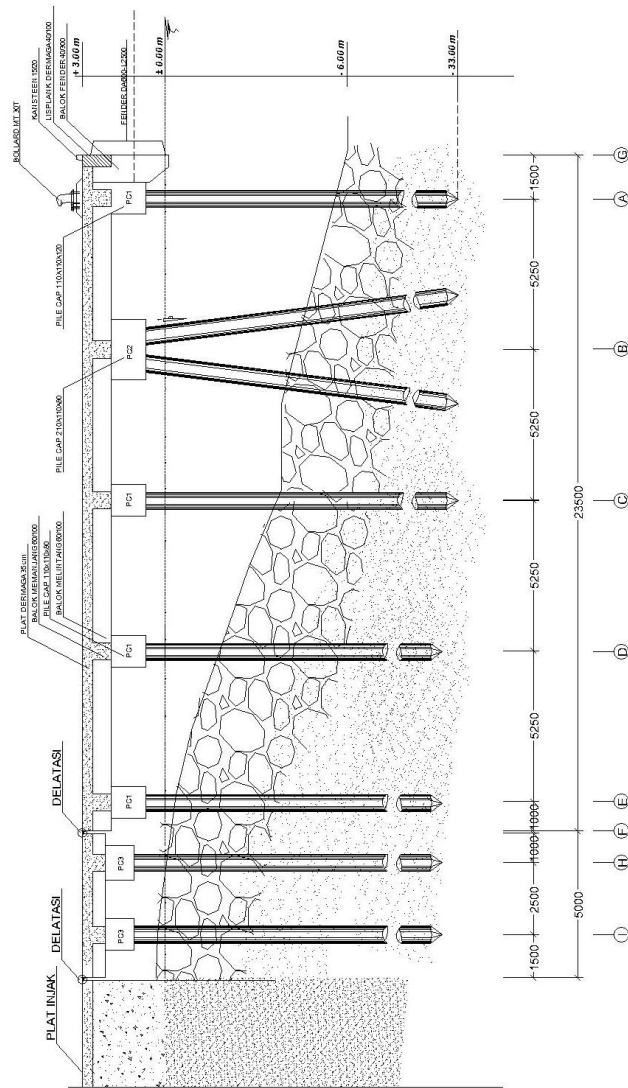
Berdasarkan ketentuan pada penentuan elevasi apron dengan kedalaman air rencana 4,5 m atau lebih besar, pasang surut lebih dari 3 m adalah 0,5 – 1,5 m diatas HWS.

$$\begin{aligned}\text{Elevasi Apron} &= \text{HWS} + (1,0 - 3,0 \text{ m}) \\ &= +0,093 + 3 \text{ m} \\ &= +3,093 \text{ mLWS}\end{aligned}$$





Gambar 4.4. Tampak Depan Dermaga



Gambar 4.5. Tampak Samping Dermaga

## ➤ Penetapan Dimensi

### 4.3.1.1 Tebal Plat Dermaga dan Mooring Dolphin

#### 1. Tebal Plat Dermaga

Pelat lantai pada dermaga berdasarkan ketentuan pada persamaan 2-1 dan 2-2 harus mempunyai tebal minimum (D) yang memenuhi kedua ketentuan berikut:

$$D \geq 200 \text{ mm}$$

$$D \geq 100 + 0,04L \text{ mm}$$

$$D \geq 100 + 0,04(5000) \text{ mm}$$

$$D \geq 300 \text{ mm}$$

Dengan mempertimbangkan beban yang bekerja diatas plat (seperti crane, *truk trailer*), maka direncanakan tebal plat dermaga = 350 mm = 35 cm

#### 2. Tebal Mooring Dolphin

Direncanakan plat tebal Mooring = 2000 mm

### 4.3.1.2 Dimensi Balok Dermaga

#### 1. Dimensi Balok Dermaga

Balok Memanjang (L= 5m)

$$D \geq 165 + 0.06L$$

$$D \geq 165 + 0.06 (5000)$$

$$D \geq (465)$$

$$B \geq 2/3D$$

$$B \geq 2/3 (465)$$

$$B \geq (310) \text{ mm}$$

Direncanakan menggunakan balok 60/90 cm.

Kontrol Kelangsingan:

$$L/b_{ef} \leq 240 b_{ef}/D$$

$$5000/600 \leq 240 \times (600/900)$$

$$(8,3) \leq 160 \rightarrow \text{OK}$$



Atau,

$$L/b_{ef} = 5000/600 = (8,3) \leq 60 \rightarrow \mathbf{OK}$$

Balok Melintang (L=5,25m)

$$D \geq 165 + 0.06L$$

$$D \geq 165 + 0.06 (5250)$$

$$D \geq (511,5)$$

$$B \geq 2/3D (511,5)$$

$$B \geq (341) \text{ mm}$$

Direncanakan menggunakan balok 60/90 cm

Kontrol Kelangsingan:

$$L/b_{ef} \leq 240 b_{ef}/D$$

$$5250/600 \leq 240 \times (600/900)$$

$$(8,75) \leq 160 \rightarrow \mathbf{OK}$$

Balok Tepi (L= 5,25m)

$$D \geq 165 + 0.06L$$

$$D \geq 165 + 0.06 (5250)$$

$$D \geq (511,5)$$

$$B \geq 2/3D$$

$$B \geq 2/3 (511,5)$$

$$B \geq (341) \text{ mm}$$

Direncanakan menggunakan balok 30/50 cm.

Kontrol Kelangsingan:

$$L/b_{ef} \leq 240 b_{ef}/D$$

$$5250/300 \leq 240 \times (300/500)$$

$$(17,5) \leq 144 \rightarrow \mathbf{OK}$$

Atau,

$$L/b_{ef} = 5000 / 300 = (16,7) \leq 60 \rightarrow \mathbf{OK}$$

Balok Crane (L=5,25m)

$$D \geq 165 + 0.06L$$

$$D \geq 165 + 0.06 (5250)$$

$$D \geq (511,5)$$

$$B \geq 2/3D (511,5)$$

$$B \geq (341) \text{ mm}$$

Direncanakan menggunakan balok 60/100 cm

Kontrol Kelangsingan:

$$L/b_{ef} \leq 240 b_{ef}/D$$

$$5250/600 \leq 240 \times (600/1000)$$

$$(8,75) \leq 144 \rightarrow \mathbf{OK}$$

Balok Listplank (L= 5m)

$$D \geq 165 + 0.06L$$

$$D \geq 165 + 0.06 (5000)$$

$$D \geq (465)$$

$$B \geq 2/3D$$

$$B \geq 2/3 (465) \geq (310) \text{ mm}$$

Direncanakan menggunakan balok 40/300 cm.

Kontrol Kelangsingan:

$$L/b_{ef} \leq 240 b_{ef}/D$$

$$5000/400 \leq 240 \times (400/3000)$$

$$(12,5) \leq 32 \rightarrow \mathbf{OK}$$

Atau,

$$L/b_{ef} = 5000 / 400 = (12,5) \leq 60 \rightarrow \mathbf{OK}$$

Tabel 4.4. Resume Balok Dermaga

No	Tipe Balok	Dimensi		Lokasi
		h (cm)	b (cm)	
1	B1. Balok Melintang	90	60	Dermaga
2	B2. Balok Memanjang	90	60	Dermaga
3	B3. Balok Tepi	50	30	Dermaga
4	B4. Balok Crane	100	60	Dermaga
5	B5. Balok Liplank	100	40	Dermaga
6	B6. Balok Fender	300	100	Dermaga
7	B6. Balok Fender	80	50	Trestle

#### 4.3.1.3 Tiang Pancang Baja

##### 1. Diameter Tiang Pancang

Data dimensi tiang pancang yang akan digunakan pada perencanaan dermaga dan mooring ialah sebagai berikut :

Tabel 4.5. Data Tiang Pancang Dermaga

Spesifikasi	Dermaga, mooring
Diameter	609,6 mm
Tebal	16 mm
Luas Penampang	298,20 cm <sup>2</sup>
Berat	234,10 kg/m
Momen Inersia	131449 cm <sup>4</sup>

##### 2. Pengaruh Korosi Tiang Pancang

Dalam pemasangan tiang pancang diperhitungkan pengaruh korosi terhadap usia rencana dermaga ( $\pm 50$  tahun). Sesuai dengan *Technical Standards for Port and Harbour Facilities in Japan* (1980), *Tabel 2.11.hal 80* ketebalan tiang yang terkena air laut (laju korosi = 0,1 mm/th) bertambah :

$$\pm (0,1 \text{ mm/th} \times 50 \text{ th}) = \pm 5 \text{ mm}$$

Untuk mempertahankan ketebalan tiang dari pengaruh korosi, maka tiang diberikan perlindungan dengan menggunakan *coating* dan metode perlindungan katode, sehingga memperpanjang jangka waktu layan tiang. Adapun *coating* yang digunakan menggunakan *coating* dari Agatha Paint. Ketebalan *coating* yang digunakan menyesuaikan dengan jangka waktu layan yaitu 50 tahun, sehingga digunakan *coating* dengan ketebalan 500 micron (0,5 mm).

Sedangkan untuk perlindungan tambahan, maka tiang diberikan perlindungan terhadap korosi dengan metode lindungan katode, yaitu dengan mengalirkan arus listrik ke tiang sehingga mencegah reaksi kimia yang menyebabkan korosi pada tiang pancang.

#### 4.3.1.4 Dimensi Pilecap

Dimensi poer berdasarkan ukuran tiang pancang dan jumlah tiang terpasang disajikan dalam tabel berikut :

*Tabel 4.6 Dimensi Pilecap Dermaga*

Type	Dimensi	Jumlah Tiang	Ket	Lokasi
A	1100 x 1100 x 1200	1	T. Tegak	Dermaga
B	2100 x 1100 x 1200	2	T. Miring	Dermaga
C	1100 x 1100 x 1000	1	T. Tegak	Trestle

#### 4.4. Pembebanan

##### 4.4.1 Beban Vertikal

###### 1. Beban Mati

Berat sendiri pelat, balok, dan pilecap akan dihitung sendiri secara otomatis di program SAP 2000 v14.2.4, jadi beban mati yang dimasukkan adalah beban mati tambahan, diantaranya :

- Berat sendiri fender = **0,315 kN**

- Berat sendiri lantai dermaga =

No.	Jenis Beban	Tebal m	Berat kN/m <sup>3</sup>	Beban kN/m <sup>2</sup>
1	Lantai Dermaga	0,35	25	8,75
			Qms	8,75

- Beban mati tambahan

No.	Jenis Beban	Tebal m	Berat kN/m <sup>3</sup>	Beban kN/m <sup>2</sup>
1	Air Hujan	0,05	9,8	0,49
			Qma	0,49

Total beban mati merata = **9,24 kN/m<sup>2</sup>**

###### 2. Beban Hidup Merata

###### a. Beban Pangkalan

Berdasarkan Standard Design Criteria for Port Indonesia pasal V.2 tabel 5.3 hal 16 adalah **30 kN/m<sup>2</sup>**

###### b. Beban garis (BGT)

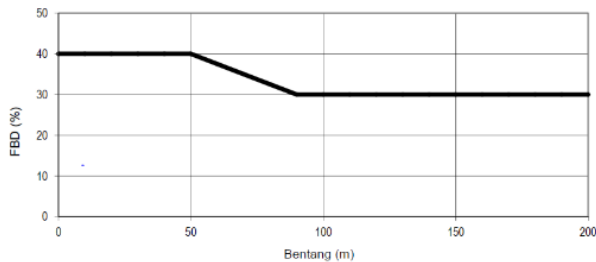
P = 49 kN/m

L = 157 → DLA = 30%

P<sub>BGT</sub> = (1 + DLA) x P

= (1 + 0,3) x 49

= **63,7 kN/m**



### 3. Beban Terpusat

Merupakan beban titik yang bekerja di dermaga akibat tekanan dari peralatan bongkar muat yang digunakan. Peralatan yang digunakan dan pembebanannya adalah sebagai berikut :

- Truk

$$\text{Faktor beban layan} = K_{stt} = 1$$

$$\text{Faktor beban ultimit} = K_{utt} = 2$$

$$\text{Beban truk lantai} = T = 112,5 \text{ kN}$$

$$\text{Faktor Beban dinamis} = FBD = 0,3$$

Beban Truk “T” menjadi

$$\begin{aligned} P_{TT} &= (1+FBD) \times T \\ &= (1+0,3) \times 112,5 \text{ kN} \\ &= 146,25 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas area} &= 200 \times 500 \\ &= 100000 = 100 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BTR “T”} &= \frac{146,25}{100} \\ &= 1,4625 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

### 4. Beban Crane

Untuk mengangkut, memindahkan batu bara dari kapal ke truk digunakan crane yang sesuai dengan kapal kapasitas 5000 DWT yaitu tipe JIB Portal Crane yang mekanisme

kerjanya, alat ini akan bergerak menumpu pada balok crane yang dihubungkan dengan rel khusus untuk pergerakan roda cranenya dengan data teknis sebagai berikut :

*Tabel 4.7 Data Teknis Jib Portal Crane*

NO.	TYPE	CAPACITY	LUFFING		HOISTHEIGHT		SPAN× BASE (m)	MAX WHEEL LOAD (KN)	Capability (KW)	SHIP (DWT)
			MAX	MIN	UP	DOWN				
1	BP209	2	9	4	6	6	4.5 × 4.5	40	22	200
2	BP315	3.2	15	56	12	8	6 x 6	80	42	500-2500
3	BP322	3.2	22	7	14	8	6 × 6	90	58	1000-3000
4	BP515	5	15	6	12	9	6 x 6	120	120	500-1500
8	BP525	5	15	56	12	8	6 x 6	80	42	5000
9	BP1020	(hook)10	20	7	15	10	10.5 × 10.5	115	103	5000
		(grab)5								
10	BP2020	20	20	7	16	10	10.5 x 10.5	165	145	3000
11	BP1025	(hook)10	25	8	20	12	10.5 × 10.5	185	132.8	5000
		(grab)5								
12	BP-1625	(hook)16	25	8	20	12	10.5 × 10.5	185	305	5000
		(grab)10								
13	BP-1627	(hook)16	27	10	22	15	10.5 × 10.5	185	305	10000
		(grab)10								
14	BP-1030	(hook)10	30	11	25	15	10.5 × 10.5	275	305	15000

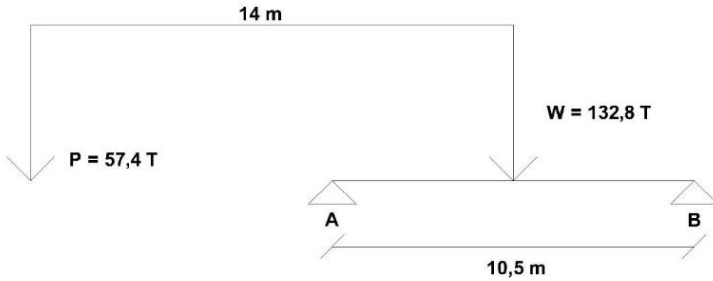
Dengan data diatas dapat menghitung momen yang terjadi pada saat crane beroperasi pada radius tertentu, lalu digunakan momen yang paling besar seperti tabel 4.7 dibawah:

*Tabel 4.8 Perhitungan momen pada radius crane*

Radius	Max Crane Capacity	Momen
8	5	40
9	5	45
10	5	50
11	5	55
12	4,7	56,4
13	4,4	57,2
14	4,1	57,4
15	3,8	57
16	3,5	56
17	3,2	54,4
18	2,9	52,2
19	2,6	49,4
20	2,3	46
21	2	42
22	1,7	37,4
23	1,4	32,2
24	1,1	26,4
25	0,8	20

Dari *tabel 4.8* diatas diperoleh momen maksimum sebesar 57,4 ton yang terjadi pada radius 14 m, dan berat sendiri crane adalah 132,8. Untuk menghitung beban pada masing – masing pad crane di hitung dengan cara mekanika teknik.





Gambar 4.6 Permodelan pembebanan crane kondisi I dan II

### Kondisi I

$$\sum M_A = 0$$

$$-B_v \times 10,5 \times 2 + W \times \frac{10,5}{2} - P \times \left(r - \frac{10,5}{2}\right) = 0$$

$$B_v = \frac{(132,8 \times 5,25 - 57,4 \times (8,75))}{21}$$

$$= 9,28 \text{ Ton}$$

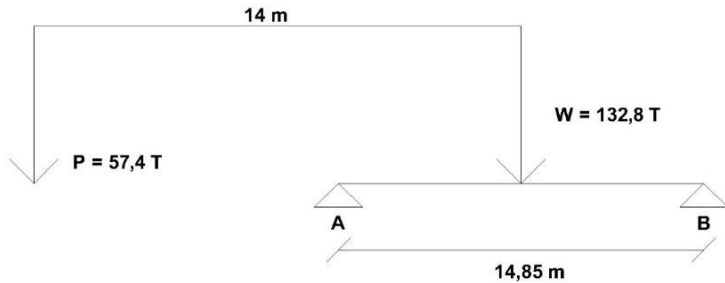
### Kondisi II

$$\sum M_B = 0$$

$$-A_v \times 10,5 \times 2 - W \times \frac{10,5}{2} - P \times \left(r + \frac{10,5}{2}\right) = 0$$

$$A_v = \frac{(132,8 \times 5,25 + 57,4 \times (19,25))}{21}$$

$$= 85,82 \text{ Ton}$$



Gambar 4.7 Permodelan pembebanan crane kondisi III

### Kondisi III

$$\sum M_B = 0$$

$$A_v \times 14,85 - W \times \frac{14,85}{2} + P \times \left(r + \frac{14,85}{2}\right) = 0$$

$$A_v = \frac{(132,8 \times 7,425 + 57,4 \times (21,425))}{14,85}$$

$$= 149,21 \text{ Ton (sisi laut)}$$

$$B_v = P + W - A_v$$

$$= 40,99 \text{ Ton (sisi darat)}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban roda} &= \text{Beban maks} / (4 (\text{kaki}) + 4 (\text{roda})) \\ &= 149,21 \text{ Ton} / 16 \\ &= 18,65 \text{ Ton} \end{aligned}$$

#### 4.4.2 Beban Horizontal

##### 1. Beban Tumbukan Kapal

Kapal merapat dengan sudut,  $\theta = 10^\circ$

(Triadmodjo, Hal 217)

Kecepatan bertambat kapal,  $v = 0.15 \text{ m/s}$

(Tabel 5.1. Standart Design Criteria for Port in Indonesia 1984)

Energi tumbukan dapat dihitung dengan persamaan :

$$E_f = (W \cdot v^2 / 2g) \cdot C_m \cdot C_E \cdot C_C \cdot C_S$$

Dimana :

Bobot Kapal maksimum = 5000 DWT

$W = 7609,25 \text{ Ton (weight of vessel)}$

$Loa = 73,15 \text{ m}$

$B = 21,95 \text{ m (lebar kapal)}$

$d = 4,2 \text{ m (draft kapal)}$

$\rho = 1.025 \text{ t/m}^3 \text{ (massa jenis air laut)}$

$C_b = \text{koefisien blok kapal}$   
 $= W / (L \cdot B \cdot d \cdot \rho) = 0,537$

$C_m = \text{koefisien massa}$   
 $= 1 + (\pi \cdot d) / (2 \cdot C_b \cdot B) = 1,559$

$l = 1/4 \text{ Loa} = 18,28 \text{ m}$

$r = \text{diambil } 0,21 \text{ Loa} = 15,36 \text{ m}$

$C_E = \text{koefisien eksentrisitas}$   
 $= 1 / (1 + (l/r)^2) = 0,414$

$C_C = \text{koefisien bentuk}$   
 $= 1$

$C_S = \text{koefisien kekerasan}$   
 $= 1 \text{ (untuk kapal baja)}$

Sehingga

$$\begin{aligned} E_f &= (7609,25 \times 0,15^2 / (2 \times 9,8)) \times 1,559 \times 0,414 \times 1 \times 1 \\ &= \mathbf{5,53 \text{ tm}} \end{aligned}$$

## 2. Pemilihan Jenis Fender

Dengan  $E_f \text{ maks} = \mathbf{5,53 \text{ tm}}$

maka perencanaan fender dipilih dengan menggunakan Dyna Arch Fender Type A (DA-A300H), dimana :

Tabel 4.9 Performa Fender

**DA-A300H****(2) Performance**

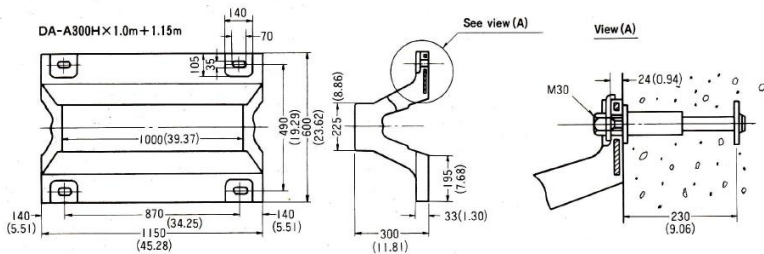
Rubber grade	ME				M1				M2				M3			
Deflection	52.5%		55%		52.5%		55%		52.5%		55%		52.5%		55%	
Performance	R Tons	E Ton-M	R Tons	E Ton-M	R Tons	E Ton-M	R Tons	E Ton-M	R Tons	E Ton-M	R Tons	E Ton-M	R Tons	E Ton-M	R Tons	E Ton-M
Length(m)	Kips	Ft-Kips	Kips	Ft-Kips	Kips	Ft-Kips	Kips	Ft-Kips	Kips	Ft-Kips	Kips	Ft-Kips	Kips	Ft-Kips	Kips	Ft-Kips
1.0	32.4 71.4	4.1 29.7	45.0 99.2	4.4 31.8	24.9 54.9	3.1 22.4	34.6 76.3	3.3 23.9	20.6 45.4	2.6 18.8	28.6 63.1	2.9 20.3	17.7 39.0	2.2 15.9	24.6 54.2	2.4 17.4
1.5	48.6 107.2	6.2 44.9	67.5 148.8	6.6 47.8	37.4 82.5	4.7 34.0	51.9 114.4	5.0 36.2	30.9 68.1	3.9 28.2	42.9 94.6	4.2 30.4	26.6 58.7	3.3 23.9	36.9 81.4	3.6 26.0
2.0	64.8 142.9	8.2 59.3	90.0 198.5	8.8 63.7	49.8 109.8	6.2 44.9	69.2 152.6	6.6 47.8	41.2 90.8	5.2 37.6	57.2 126.1	5.6 40.5	35.4 78.1	4.4 31.8	49.2 108.5	4.8 34.7
2.5	81.0 178.6	10.3 74.5	112.5 248.1	11.0 79.6	62.3 137.4	7.8 56.4	86.5 190.7	8.3 60.1	51.5 113.6	6.5 47.0	71.5 157.7	7.0 50.6	44.3 97.7	5.5 39.8	61.5 136.6	6.0 43.4
3.0	97.2 214.3	12.3 89.0	135.0 297.7	13.2 95.5	74.7 164.7	9.3 67.3	103.8 228.9	9.9 71.6	61.8 136.3	7.8 56.4	85.5 189.2	8.4 60.8	53.1 117.1	6.6 47.8	73.8 162.7	7.2 52.1
3.5	113.4 250.0	14.4 104.2	157.5 347.3	15.4 111.4	87.2 192.3	10.9 78.9	121.1 267.0	11.6 83.9	72.1 159.0	9.1 65.8	100.1 220.7	9.8 70.9	62.0 136.7	7.7 55.7	86.1 189.9	8.4 60.8

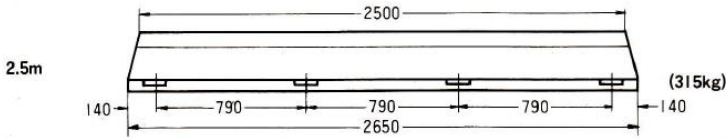
R: Reaction force E: Energy absorption Tolerance:  $\pm 10\%$ 

Energi Fender (E) = 5,53 tm  
 $E > E_f$  maks = **OK**  
 Reaksi = 7,8 ton  
 (reaksi = gaya horizontal yang diteruskan ke struktur)

Berat Fender = 0,315 ton  
 Panjang Fender = 2.5 m  
 Defleksi = 52.5 %

Reaksi akibat gesekan fender ketika ditabrak kapal yang akan merapat berkisar 10% dari reaksi yang diteruskan fender ke struktur.





Gambar 4.8. Dyna Arch Fender Tipe A

### 3. Pemasangan Fender

Jarak pemasangan fender ditinjau dari arah vertical dan horizontal. Berikut ini adalah perhitungan jarak fender.

#### 1. Arah Vertikal

Pemasangan fender pada arah ini berdasarkan pada ukuran kapal rencana yang akan bersandar pada dermaga, fluktuasi air laut, dan elevasi dermaga.

#### 2. Arah Horizontal

Syarat penentuan jarak pemasangan fender arah horizontal (L) ialah berdasarkan kedalaman perairan dan radius “bow” dari kapal, dan dipastikan tidak ada badan kapal yang menyentuh dermaga.

Jarak horizontal maksimum antara fender juga ditentukan berdasarkan rumus berikut:

$$L = 2 \sqrt{r^2 - (r - h)^2}$$

Dimana:

r = radius tekukan dari buritan kapal

$$= 0.25 \times \text{Loa} (73,15) = 18,29 \text{ m}$$

h = tinggi efektif fender = 0.6 m

Maka, jarak maksimum antar fender adalah:

$$\begin{aligned} L &= 2 \sqrt{18,29^2 - (18,29 - 0.6)^2} \\ &= 10,29 \text{ m} \end{aligned}$$

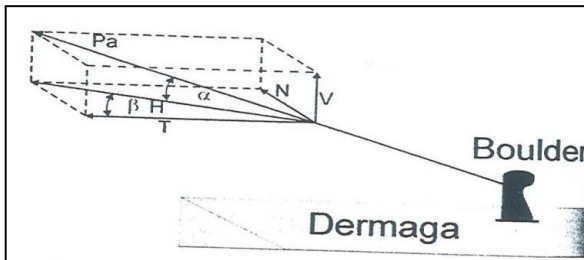
Digunakan jarak antar fender sebesar 10 m (menyesuaikan jarak portal).

#### 4. Gaya Tarikan Kapal

Kapal terbesar yang direncanakan merapat pada dermaga ini didesain satu sisi sandar dengan kapal 5000 DWT. Berdasarkan *Standart Design Criteria for Port in Japan* 1991, boulder yang harus disediakan agar mampu melayani kapal tersebut adalah bollard dengan kekuatan 25 ton.

Agar diperoleh gaya-gaya dalam kondisi kritis, maka diambil sudut yang terjadi untuk  $\alpha$  dan  $\beta$  sebesar  $45^\circ$ . Besarnya komponen-komponen gaya adalah sebagai berikut

:



Gambar 4.9. Gaya yang Bekerja Pada Bollard/Boulder

$$\begin{aligned}
 V &= Pa \sin \alpha &= 25 \sin 45^\circ &= 17,67 \text{ ton} \\
 H &= Pa \cos \alpha &= 25 \cos 45^\circ &= 17,67 \text{ ton} \\
 T &= H \cos \beta &= 17,67 \cos 45^\circ &= 12,49 \text{ ton} \\
 N &= H \sin \beta &= 17,67 \sin 45^\circ &= 12,49 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

V : Nilai V digunakan untuk menghitung agar boulder tidak sampai tercabut.

T : Nilai T digunakan untuk menghitung besarnya momen yang bekerja.

N : Nilai N digunakan untuk menghitung besarnya tarikan pada boulder.

H : Nilai H digunakan untuk menghitung besarnya tarikan pada boulder.

Dari komponen-komponen gaya tersebut, dipilih  $H = 17,67 \text{ ton} = \mathbf{176,7 \text{ kN}}$  untuk perencanaan boulder. Gaya tersebut harus dibandingkan dengan gaya tarik kapal akibat tekanan arus dan angin, kemudian dipilih yang terbesar untuk perencanaan boulder. Berikut ini perhitungan gaya tarikan kapal akibat arus dan angin.

## 5. Gaya Tarik Akibat Arus

Dalam menghitung tekanan arus digunakan persamaan berikut :

$$P_c = C_c \cdot \gamma_c \cdot A_c \cdot V_c^2 / 2g$$

Dimana :

$P_c$  = tekanan arus pada kapal yang bertambat (ton)

$\gamma_c$  = berat jenis air laut =  $1.025 \text{ t/m}^3$

$A_c$  = luas kapal di bawah muka air ( $\text{m}^2$ )

$V_c$  = kecepatan arus =  $0.7717 \text{ m/s}$

$C_c$  = koefisien arus = 1

$g$  =  $9.81 \text{ m/s}^2$

### Kondisi Kapal Penuh

$$A_c = B \times D = 21,95 \times 4,2 = 87,8 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} P_c &= 1 \times 1.025 \text{ t/m}^3 \times 87,8 \text{ m}^2 \times 0,77^2 \text{ m/s} / (2 \times 9.81 \text{ m/s}^2) \\ &= \mathbf{2,72 \text{ ton}} \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh gaya tarik terbesar akibat arus adalah : **27,2 kN.**

## 6. Gaya Tarik Akibat Angin

Dalam menghitung tekanan angin digunakan persamaan berikut :

$$R = 0,5 \times p \times C \times U^2 \times (A \cos^2 \theta + B \sin^2 \theta)$$

dimana :

$R$  = Gaya angin (Kg)

$p$  = Berat jenis udara =  $0,123 \text{ kg} \cdot \text{sec}^2/\text{m}^4$

$C$  = Koefisien angin = 1,2

$U$  = Kecepatan angin = 33 m/s (kondisi ekstrim)

$A$  = Luas bagian depan / frontal kapal diatas permukaan angin ( $\text{m}^2$ )

$B$  = Luas bagian samping / frontal kapal diatas permukaan angin ( $\text{m}^2$ )

$\theta$  = Sudut arah angin terhadap sumbu kapal =  $90^\circ$

### - Kondisi Kapal Penuh

$$A = (H-D) \times B = (5,4-4,2) \times 21,95 = 26,34 \text{ m}^2$$

$$B = (H-D) \times L_{OA} = (5,4-4,2) \times 73,15 = 87,78 \text{ m}^2$$

$$R = 0,5 \times 0,123 \times 1,2 \times 33^2 \times (26,34 \cos^2 90^\circ + 87,78 \sin^2 90^\circ) = \mathbf{2029,52 \text{ kg} = 20,29 \text{ kN}}$$

### - Kondisi Kapal Kosong

$$A = (H-D) \times B = (5,4-1,4) \times 21,95 = 87,8 \text{ m}^2$$

$$B = (H-D) \times L_{OA} = (5,4-1,4) \times 73,15 = 292,6 \text{ m}^2$$

$$\mathbf{R = 0,5 \times 0,123 \times 1,2 \times 33^2 \times (87,8 \cos^2 90^\circ + 292,6 \sin^2 90^\circ) = 23515,7 \text{ kg} = 235,15 \text{ kN}}$$

Sehingga diperoleh gaya tarik terbesar akibat angin adalah : **235,15 kN**.

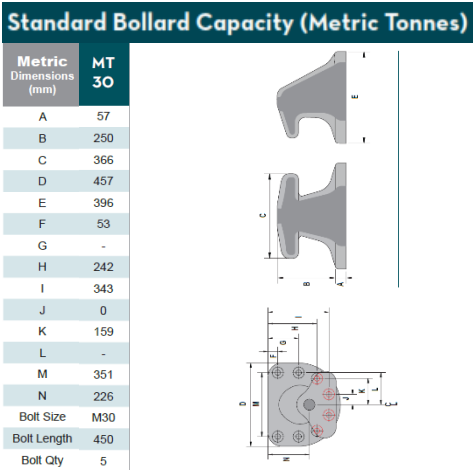
*Tabel 4.10 Gaya Tambat Kapal 5000 DWT*

Kapal	Gaya Boulder	Gaya Arus	Gaya Angin
5000 DWT	176,7 kN	27,2 kN	235,15 kN



Gaya terbesar yang terjadi adalah akibat boulder. Maka tarik boulder yang digunakan : 23,5 ton.

Berdasarkan perhitungan diatas maka digunakan angkur sesuai dengan spesifikasi dari *Maritime International MT-30*



Gambar 4.10. Data Bollard yang dipakai Sisi Laut

7. Penempatan Bollard

Berdasarkan ketentuan *Standart Design Criteria for Ports in Indonesia (1984) tabel 7.5. hal 33.*

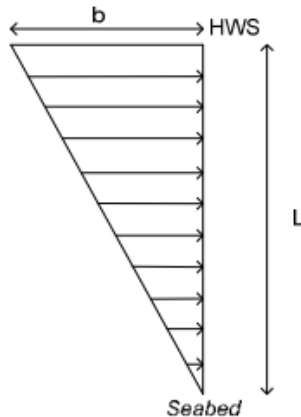
Tabel 4.11 Penempatan bollard

Gross Tonnage of Ship	Max. Spacing of Bollard (m)	Min. Number of Intalation per Perth
2001 – 5000	20	6

8. Beban Gelombang

Beban gelombang dan arus pada struktur yang diperhitungkan hanyalah beban yang bekerja terhadap tiang

pancang dengan model yang telah diinputkan pada model sap2000.



Gambar 4.11. Model gelombang

$$b = \frac{a \times 2}{L}$$

dimana :

a = besar beban hasil perhitungan = 63,08 kN/m

L = panjang tiang seabed hingga HWS = 6,28 m

b = besar beban distribusi = 20,09 kN/m

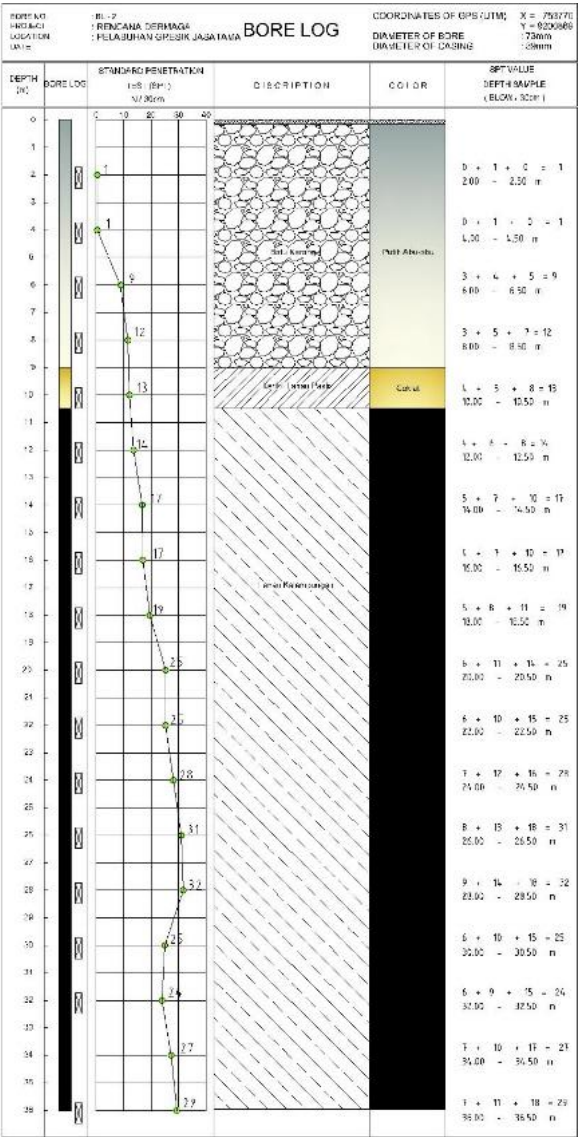
## 9. Beban Gempa

Beban gempa yang bekerja pada struktur dermaga dihitung secara dinamis dengan menggunakan respon spektrum menurut SNI 2833-2013.

### - Kelas Situs

Klasifikasi situs ditentukan untuk lapisan setebal 27 m sesuai dengan yang didasarkan pada korelasi dengan hasil penyelidikan tanah lapangan dan laboratorium. Berikut disajikan data tanah proyek pembangunan dermaga PT. Gresik Jasatama.

Tabel 4.12 Data Tanah



Dari hasil perhitungan di atas, diperoleh nilai  $N$  SPT rata-rata  $15 \leq N \leq 50$ , maka tanah termasuk ke dalam kelas situs **Tanah Sedang** (Tabel 2 SNI 2833-2013).

Tabel 4.13. Kelas Situs

Kelas Situs	$\bar{V}_s$ (m/s)	$\bar{N}$	$\bar{S}_u$ (kPa)
A. Batuan Keras	$\bar{V}_s \geq 1500$	N/A	N/A
B. Batuan	$750 < \bar{V}_s \leq 1500$	N/A	N/A
C. Tanah Sangat Padat dan Batuan Lunak	$350 < \bar{V}_s \leq 750$	$\bar{N} > 50$	$\bar{S}_u \geq 100$
D. Tanah Sedang	$175 < \bar{V}_s \leq 350$	$15 \leq \bar{N} \leq 50$	$50 \leq \bar{S}_u \leq 100$
E. Tanah Lunak	$\bar{V}_s < 175$	$\bar{N} < 15$	$\bar{S}_u < 50$
	Atau setiap profil lapisan tanah dengan ketebalan lebih dari 3 m dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ , 2. Kadar air ( $w$ ) $\geq 40\%$ , dan 3. Kuat geser tak terdrainase $\bar{S}_u < 25$ kPa		
F. Lokasi yang membutuhkan penyelidikan geoteknik dan analisis respons dinamik spesifik	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik seperti : - Rentan dan berpotensi gagal terhadap beban gempa seperti likuifaksi, tanah lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung organik tinggi dan/atau gambut (dengan ketebalan $> 3$ m) - Plastisitas tinggi (ketebalan $H > 7.5$ m dengan $PI > 75$ ) - Lapisan lempung lunak/medium kaku dengan ketebalan $H > 35$ m		

Catatan : N/A = tidak dapat digunakan

- **Faktor Situs dan Parameter Gempa Lainnya**
  - a. **PGA** (Percepatan puncak batuan dasar) : **0.2** (Gambar 2.7)
  - b.  **$S_s$**  (Parameter respon spectra percepatan gempa untuk periode pendek  $T = 0.2$  detik : **0.4** (Gambar 2.8)
  - c.  **$S_1$**  (Parameter respon spectra percepatan gempa untuk periode 1 detik : **0.2** (Gambar 2.9)
  - d.  **$F_a$**  (Faktor amplifikasi periode pendek) : **1,4** (Tabel 3 SNI 2833-2013)

- e.  $F_{PGA}$  (Faktor amplikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode nol detik) : 1,5 (Tabel 3 SNI 2833-2013)
- f.  $F_v$  (Faktor amplikasi untuk periode 1 detik) : 2 (Tabel 4 SNI 2833-2013)
- g.  $S_{DS}$  (Nilai spectra permukaan tanah pada periode pendek 0.2 detik) :  

$$S_{DS} = F_a \times S_S = 1,5 \times 0,4 = \mathbf{0,6}$$
- h.  $S_{D1}$  (Nilai spectra permukaan tanah pada periode pendek 1 detik) :  

$$S_{D1} = F_v \times S_1 = 2 \times 0,2 = \mathbf{0,4}$$
- i.  $A_s = F_{PGA} \times PGA = 1,4 \times 0,2 = \mathbf{0,280}$
- j.  $I$  (*Importance Factor*) : 1 (Standard design criteria for port in Indonesia 1984, Tabel 5.5)
- k.  $R$  (Faktor modifikasi respon) : 1 (pasal 5.9.3.2. SNI 2833-2013)
- l. Scale Factor :  $I/R \times g = 1/1 \times 9,8 = \mathbf{9,8}$
- m. Zona Gempa : 3 ;  $S_{D1} = \mathbf{0,4}$

Tabel 4.14. Zona Gempa

Koefisien percepatan ( $S_{D1}$ )	Zona gempa
$S_{D1} \leq 0,15$	1
$0,15 < S_{D1} \leq 0,30$	2
$0,30 < S_{D1} \leq 0,50$	3
$S_{D1} > 0,50$	4

- **Koefisien Respons Gempa Elastik**

$$T_s = S_{D1} / S_{DS} = 0,4 / 0,60 = \mathbf{0,67}$$

$$T_0 = 0,2 \times T_s = 0,2 \times 0,67 = \mathbf{0,13}$$

Untuk  $T < T_0$ , spectrum respon percepatan desain :

$$C_{SM} = (S_{DS} - A_s) T/T_0 + A_s = \mathbf{0,28}$$

Untuk  $T \geq T_0$  dan  $< T_s$ , spectrum respon percepatan desain :  $C_{SM} = S_{DS} = \mathbf{0,60}$

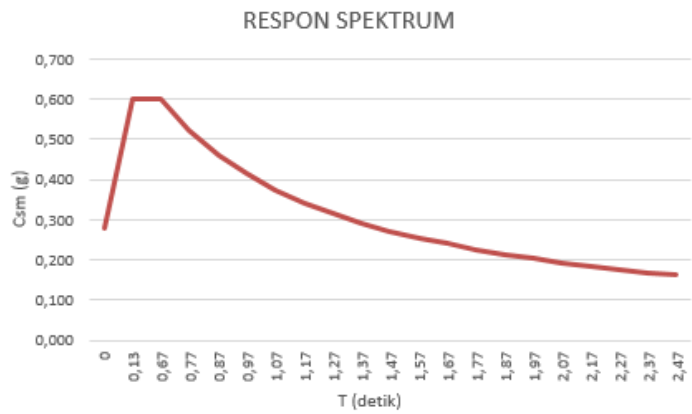
Untuk  $T > T_s$ , spectrum respon percepatan desain :

$$C_{SM} = S_{D1} / T$$

Berikut disajikan tabel respon spektrum untuk gempa wilayah 3 dengan tipe tanah sedang :

*Tabel 4.15 Respon Spektrum Wilayah Gempa Zona 3*

T	T (detik)	Csm (g)
0	0	0,280
T <sub>0</sub>	0,13	0,600
T <sub>s</sub>	0,67	0,600
T <sub>s</sub> +0,1	0,77	0,522
T <sub>s</sub> +0,1	0,87	0,462
T <sub>s</sub> +0,1	0,97	0,414
T <sub>s</sub> +0,1	1,07	0,375
T <sub>s</sub> +0,1	1,17	0,343
T <sub>s</sub> +0,1	1,27	0,316
T <sub>s</sub> +0,1	1,37	0,293
T <sub>s</sub> +0,1	1,47	0,273
T <sub>s</sub> +0,1	1,57	0,255
T <sub>s</sub> +0,1	1,67	0,240
T <sub>s</sub> +0,1	1,77	0,226
T <sub>s</sub> +0,1	1,87	0,214
T <sub>s</sub> +0,1	1,97	0,203
T <sub>s</sub> +0,1	2,07	0,194
T <sub>s</sub> +0,1	2,17	0,185
T <sub>s</sub> +0,1	2,27	0,176
T <sub>s</sub> +0,1	2,37	0,169
T <sub>s</sub> +0,1	2,47	0,162



Gambar 4.12 Grafik Respons Spektrum

## **BAB V**

### **ANALISA STRUKTUR**

#### **5.1 Analisa Struktur**

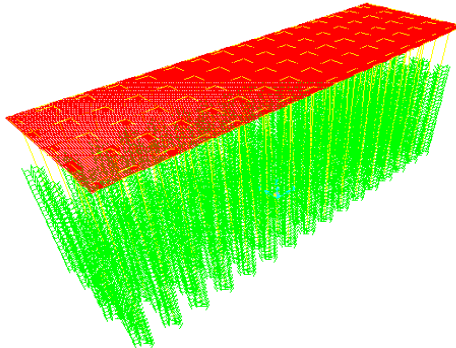
Analisa struktur yang dilakukan pada tugas akhir ini meliputi analisa plat lantai, balok, Pile cap dan tiang baik pada struktur dermaga, maupun mooring dolphin

##### **5.1.1 Model Dermaga, Mooring Dolphin, Catwalk**

Struktur dermaga, catwalk, dan mooring dolphin dianalisa menggunakan program SAP2000 untuk mendapatkan gaya-gaya yang bekerja.

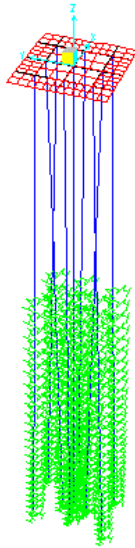
Beban yang bekerja pada konstruksi dermaga catwalk, dan mooring dolphin meliputi beban berat sendiri fender, UDL, hujan, crane, truk, tumbukan kapal, tarikan kapal, gelombang, arus dan gempa.

Berikut ini disajikan model struktur yang dianalisa menggunakan program SAP 2000.



*Gambar 5.1. Model Struktur Dermaga*



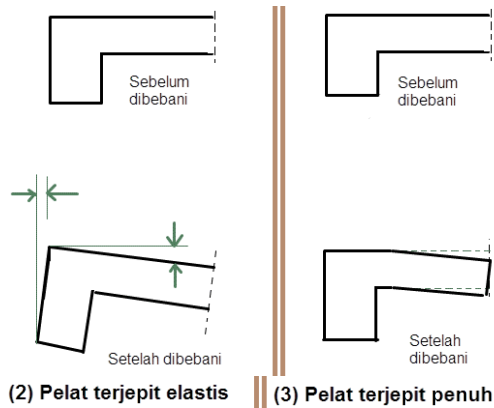


*Gambar 5.2. Model Struktur Mooring Dolphin*

### **5.1.2 Model Struktur Plat**

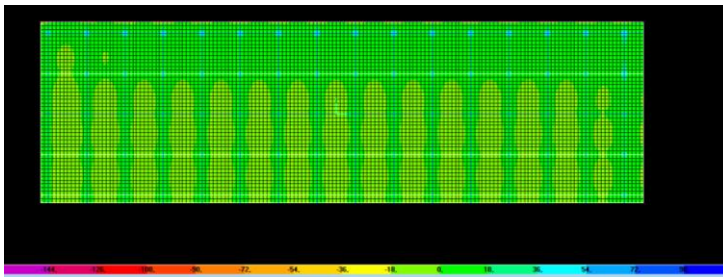
Analisis struktur plat menggunakan program SAP2000 dan dimodelkan sebagai shell untuk mendapatkan gaya-gaya yang bekerja pada plat.

Dalam perhitungan momen plat dermaga, asumsi plat sebagai plat lentur dan dianggap terjepit penuh dengan balok pada keempat sisinya. Dikatakan jepit penuh bila tumpuan mampu mencegah plat berotasi dan relatif sangat kaku terhadap momen puntir. Bila balok tepi tidak cukup kuat untuk mencegah rotasi sama sekali, maka plat dikatakan terjepit sebagian atau jepit elastis. Lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

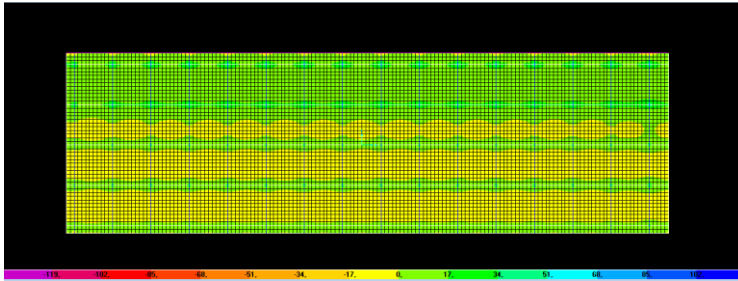


*Gambar 5.3. Tipe Tumpuan Plat Tepi*

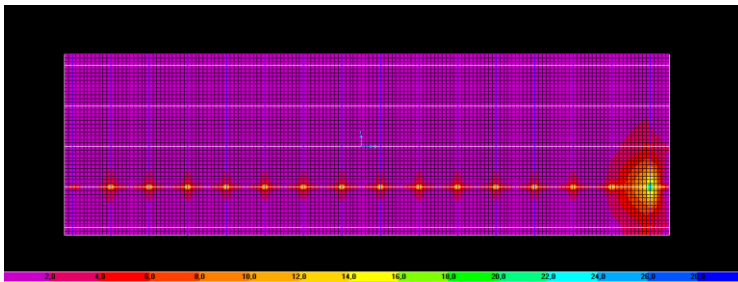
Dalam analisa struktur plat, beban yang bekerja ialah beban mati merata, beban hidup, beban crane, dan beban truk trailer dengan perlakuan beban-beban yang bekerja pada plat dapat dilihat pada gambar-gambar di bawah ini. Sedangkan output dari analisa struktur plat dengan program SAP2000 disajikan dalam bentuk gambar kontur momen plat berikut ini.



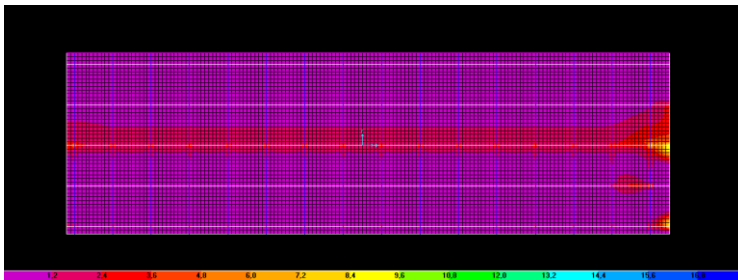
*Gambar 5.4. Kontur momen plat akibat beban mati merata M11*



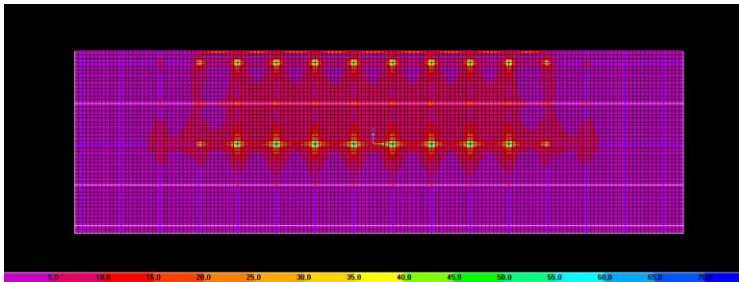
*Gambar 5.5. Kontur momen plat akibat beban mati merata M22*



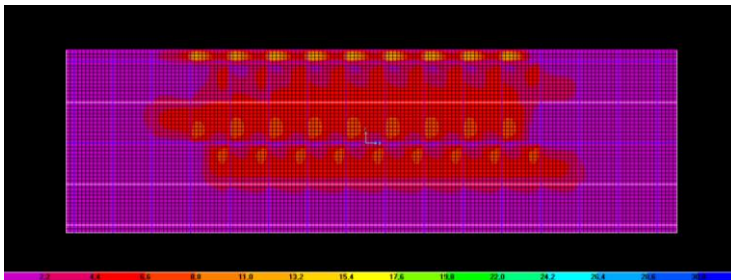
*Gambar 5.6. Kontur momen plat akibat beban truk M11*



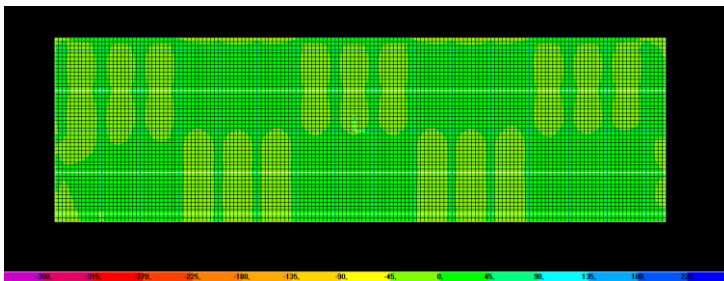
*Gambar 5.7. Kontur momen plat akibat beban truk M22*



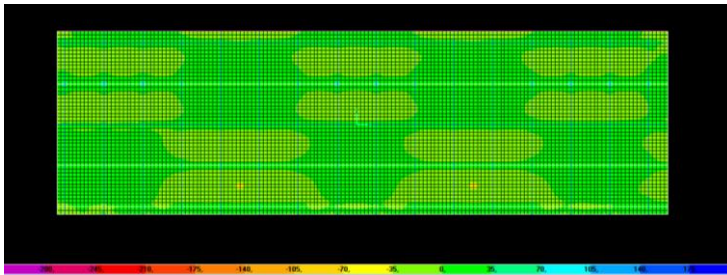
*Gambar 5.8. Kontur momen plat akibat beban Crane M11*



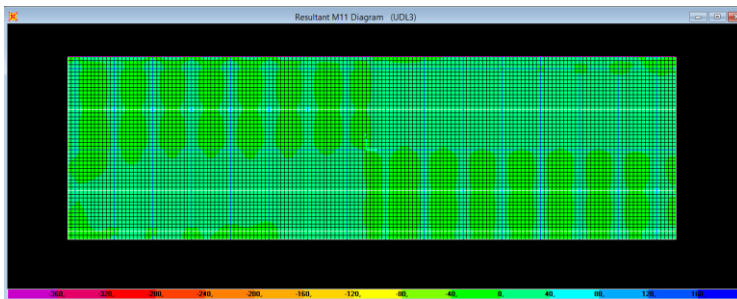
*Gambar 5.9. Kontur momen plat akibat beban Crane 1 M22*



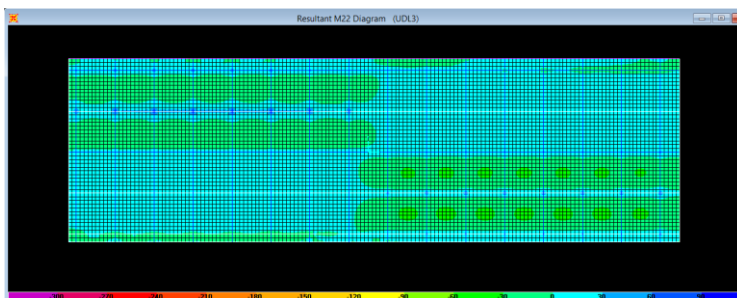
*Gambar 5.10. Kontur momen plat akibat beban hidup UDL1 M11*



*Gambar 5.11. Kontur momen plat akibat beban hidup UDL1 merata*  
 $M_{22}$

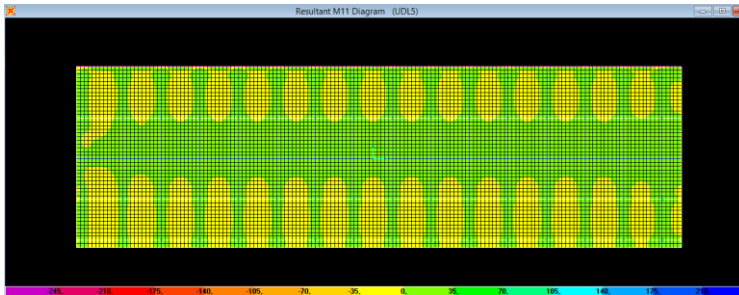


*Gambar 5.12. Kontur momen plat akibat beban hidup UDL3 merata*  
 $M_{11}$



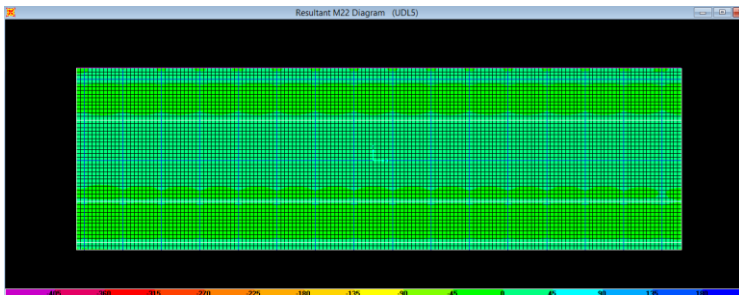
*Gambar 5.13. Kontur momen plat akibat beban hidup UDL3 merata*

*M22*



*Gambar 5.14. Kontur momen plat akibat beban hidup UDL5 merata*

*M11*



*Gambar 5.15. Kontur momen plat akibat beban hidup UDL5 merata*

*M22*

## 5.2 Perencanaan Plat

### 5.2.1 Penulangan Plat Dermaga

Penulangan plat dermaga dihitung dengan mengambil momen terbesar dari kombinasi beban yang dianalisa oleh program SAP 2000.

Momen Plat Rencana (ton.m)			
Mlx	Mly	Mtx	Mty
15,52	9,24	-6,63	-1,85

(Sumber : *Output Perhitungan Sap2000*)

Data-data rencana :

$$\begin{aligned}
 h &= 350 \text{ mm} && (\text{tebal plat}) \\
 p &= 50 \text{ mm} && (\text{selimut beton}) \\
 D &= 16 \text{ mm} && (\text{diameter tulangan}) \\
 \phi &= 0.8 \\
 m &= f_y / (0.85 f_c') \\
 &= 410 / (0.85 \times 29,05) = 16,60
 \end{aligned}$$

Mutu Beton :

$$\begin{aligned}
 K &= 350 \text{ kg/cm}^2 \text{ (} f_c' = 29,05 \text{ MPa)} \\
 \beta &= 0.85 - (0.008 * (29,05 - 30 \text{ MPa})) = 0,857 \\
 E_b &= 4700 \sqrt{f_c'} = 25332,08 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Mutu Baja Tulangan :

$$\begin{aligned}
 f_y &= 410 \text{ MPa} \\
 E_s &= 2 \times 10^5 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Tinggi Efektif :

$$dx = h - p - 1/2D = 350 - 50 - 1/2 \cdot 16 = 292 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} dy &= h - p - D - 1/2D = 350 - 50 - 16 - 1/2 \cdot 16 \\ &= 276 \text{ mm} \end{aligned}$$

### **Tulangan Tumpuan Arah X**

$$\begin{aligned} Mu &= 6,63 \text{ ton.m} \\ &= 6,63 \times 10^7 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mn &= Mu / \phi \\ &= 6,63 \times 10^7 / 0.8 \\ &= 8,28 \times 10^7 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Rn &= Mn / (b \cdot dx^2) \\ &= 8,28 \times 10^7 / (1000 \times 292^2) = 0.97 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{410} = 0.0034$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= 0.85 \times \beta \times \frac{f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= 0.85 \times 0.814 \times \frac{29,05}{410} \times \frac{600}{600 + 410} = 0.0307 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0.75 \times \rho_b = 0.75 \times 0.0307 \\ &= 0.0230 \end{aligned}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{16,60} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16,60 \times 0,97}{410}} \right)$$

$$\rho = 0.0024$$

$$\rho_{\max} > \rho > \rho_{\min},$$

maka digunakan  **$\rho = 0.0024$**

$$As = \rho \times b \times dx$$



$$= 0.0024 \times 1000 \times 292$$

$$= 706,21 \text{ mm}^2$$

Jarak terjauh (maksimum) antar tulangan ialah:

$$s = (\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b) / A_s$$

$$= (\frac{1}{4} \times 3.14 \times 16^2 \times 1000) / 706,21$$

$$= 284,71 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan diameter **16 - 200 mm**

Tulangan terpasang:

$$A_{st} = \pi / 4 \cdot D^2 \cdot (1000/s)$$

$$= 3.14 / 4 \cdot 16^2 \cdot (1000/200)$$

$$= 1005,31 \text{ mm}^2 \quad A_{st} > A_s \quad 706,21 \rightarrow \mathbf{OK}$$

Cek Kemampuan Nominal

$$T = A_{st} \cdot f_y = 1005,31 \times 410$$

$$= 412177 \text{ N}$$

$$a = T / (0.85 \times f_c' \times b)$$

$$= 412177 / (0.85 \times 29,05 \times 1000)$$

$$= 16,69 \text{ mm}$$

$$\Phi M_n = \phi \times T \times (d_x - a/2)$$

$$= 0.8 \times 412177 \times (292 - 16,69/2)$$

$$= 9,4 \times 10^7 \text{ Nmm}$$

$$\Phi M_n > M_u = 6,68 \times 10^7 \text{ Nmm} \rightarrow \mathbf{OK}$$

**Tulangan Lapangan Arah X**

$$M_u = 15,52 \text{ ton.m}$$

$$= 1,552 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

$$M_n = M_u / \phi$$

$$= 1,55 \times 10^8 / 0.8$$

$$= 1,94 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= M_n / (b \cdot d x^2) \\
 &= 1,94 \times 10^8 / (1000 \times 292^2) \\
 &= 2,28
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{410} = 0.0034$$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= 0.85 \times \beta \times \frac{f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600+f_y} \\
 &= 0.85 \times 0.814 \times \frac{29,05}{410} \times \frac{600}{600+410} \\
 &= 0.0307
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} &= 0.75 \times \rho_b = 0.75 \times 0.0307 \\
 &= 0.0230
 \end{aligned}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{16,60} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16,601 \times 2.8}{410}} \right)$$

$$\rho = 0.0058$$

$$\rho_{\max} > \rho > \rho_{\min},$$

maka digunakan  **$\rho = 0.0058$**

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \times b \times d x \\
 &= 0.0058 \times 1000 \times 292 \\
 &= 1702,78 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jarak terjauh (maksimum) antar tulangan ialah:

$$\begin{aligned}
 s &= (\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b) / A_s \\
 &= (\frac{1}{4} \times 3.14 \times 16^2 \times 1000) / 1702,78 \\
 &= 118,08 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan diameter **16 – 100 mm**

Tulangan terpasang:

$$\begin{aligned} A_{st} &= \pi / 4 \cdot D^2 \cdot (1000/s) \\ &= 3.14 / 4 \cdot 16^2 \cdot (1000/100) \\ &= 2010,62 \text{ mm}^2 \quad A_{st} > A_s \rightarrow \mathbf{OK} \end{aligned}$$

Cek Kemampuan Nominal

$$\begin{aligned} T &= A_{st} \cdot f_y = 2010,62 \times 390 \\ &= 824354 \text{ N} \\ a &= T / (0.85 \times f_c' \times b) \\ &= 824354 / (0.85 \times 29,05 \times 1000) \\ &= 33,38 \text{ mm} \\ \Phi M_n &= \phi \times T \times (d - a/2) \\ &= 0.8 \times 824354 \times (292 - 33,38/2) \\ &= 1,8 \times 10^8 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\Phi M_n > M_u = 1,55 \times 10^8 \text{ Nmm} \rightarrow \mathbf{OK}$$

**Tulangan Tumpuan Arah Y**

$$\begin{aligned} M_u &= 1,85 \text{ ton.m} \\ &= 1,85 \times 10^7 \text{ Nmm} \\ M_n &= M_u / \phi \\ &= 1,85 \times 10^7 / 0.8 \\ &= 2,3 \times 10^7 \text{ Nmm} \\ R_n &= M_n / (b \cdot d^2) \\ &= 2,3 \times 10^7 / (1000 \times 276^2) \\ &= 0,3 \\ \rho_{\min} &= \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{410} = 0.0034 \\ \rho_b &= 0.85 \times \beta \times \frac{f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600+f_y} \\ &= 0.85 \times 0,814 \times \frac{29,05}{410} \times \frac{600}{600+410} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0.0307 \\
 \rho_{\max} &= 0.75 \times \rho_b = 0.75 \times 0.0307 \\
 &= 0.0230
 \end{aligned}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{13,60} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16,60 \times 0,3}{410}} \right)$$

$$\rho = 0.0007$$

$$\rho_{\max} > \rho > \rho_{\min},$$

maka digunakan  $\rho = \mathbf{0.0007}$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \times b \times d_y \\
 &= 0.0007 \times 1000 \times 276 \\
 &= 205,18 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jarak terjauh (maksimum) antar tulangan ialah:

$$\begin{aligned}
 s &= (\frac{1}{4} \times \pi \times d_t^2 \times b) / A_s \\
 &= (\frac{1}{4} \times 3.14 \times 16^2 \times 1000) / 205,18 \\
 &= 979,92 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan diameter **16 - 200 mm**

Tulangan terpasang:

$$\begin{aligned}
 A_{st} &= \pi / 4 \cdot D^2 \cdot (1000/s) \\
 &= 3.14 / 4 \cdot 16^2 \cdot (1000/200) \\
 &= 1005,31 \text{ mm}^2 \quad A_{st} > A_s \rightarrow \mathbf{OK}
 \end{aligned}$$

Cek Kemampuan Nominal

$$\begin{aligned}
 T &= A_{st} \cdot f_y = 1005,31 \times 410 \\
 &= 412177 \text{ N} \\
 a &= T / (0.85 \times f_c' \times b) \\
 &= 412177 / (0.85 \times 29,05 \times 1000)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 16,69 \text{ mm} \\
 \Phi \text{ Mn} &= \phi \times T \times (d - a/2) \\
 &= 0.8 \times 412177 \times (276 - 16,69/2) \\
 &= 8,8 \times 10^7 \text{ Nmm} \\
 \Phi \text{ Mn} &> \text{Mu} = 1,815 \times 10^7 \text{ Nmm} \rightarrow \mathbf{OK}
 \end{aligned}$$

### **Tulangan Lapangan Arah Y**

$$\begin{aligned}
 \text{Mu} &= 9,24 \text{ ton.m} \\
 &= 9,24 \times 10^7 \text{ Nmm} \\
 \text{Mn} &= \text{Mu} / \phi \\
 &= 9,24 \times 10^7 / 0.8 \\
 &= 1,15 \times 10^8 \text{ Nmm} \\
 \text{Rn} &= \text{Mn} / (b \cdot d^2) \\
 &= 1,15 \times 10^8 / (1000 \times 276^2) \\
 &= 1,52 \\
 \rho_{\min} &= \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{410} = 0.0034 \\
 \rho_b &= 0.85 \times \beta \times \frac{f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600+f_y} \\
 &= 0.85 \times 0.814 \times \frac{35}{410} \times \frac{600}{600+410} = 0.0307 \\
 \rho_{\max} &= 0.75 \times \rho_b = 0.75 \times 0.0307 \\
 &= 0.0230 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot \text{Rn}}{f_y}} \right) \\
 \rho &= \frac{1}{16,60} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16,60 \times 1,52}{410}} \right)
 \end{aligned}$$

$$\rho = 0.0038$$

$$\rho_{\text{maks}} > \rho > \rho_{\text{min}},$$

maka digunakan  $\rho = 0.0038$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d_y \\ &= 0.0038 \times 1000 \times 276 \\ &= 1053,87 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak terjauh (maksimum) antar tulangan ialah:

$$\begin{aligned} s &= (\frac{1}{4} \times \pi \times d_t^2 \times b) / A_s \\ &= (\frac{1}{4} \times 3.14 \times 16^2 \times 1000) / 1053,87 = 190,79 \text{ mm} \end{aligned}$$

Digunakan tulangan diameter **16 - 150 mm**

Tulangan terpasang:

$$\begin{aligned} A_{st} &= \pi / 4 \cdot D^2 \cdot (1000/s) \\ &= 3.14 / 4 \cdot 16^2 \cdot (1000/150) \\ &= 1340,41 \text{ mm}^2 \quad A_{st} > A_s \rightarrow \mathbf{OK} \end{aligned}$$

Cek Kemampuan Nominal

$$\begin{aligned} T &= A_{st} \cdot f_y = 1340,41 \times 410 \\ &= 549569 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= T / (0.85 \times f_c' \times b) \\ &= 549569 / (0.85 \times 29,05 \times 1000) \\ &= 22,25 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi M_n &= \phi \times T \times (d - a/2) \\ &= 0.8 \times 549569 \times (276 - 22,25/2) \\ &= 1,2 \times 10^8 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\Phi M_n > M_u = 9,2 \times 10^7 \text{ Nmm} \rightarrow \mathbf{OK}$$

### 5.2.2 Kontrol Lendutan Plat

Kontrol lendutan pada plat dihitung dengan mengatur dimensi dari plat yang terdiri dari lendutan sesaat dan lendutan jangka panjang.

#### ▪ Lendutan Sesaat dan Jangka Panjang

Lendutan sesaat akibat beban layan luar terjadi segera pada saat bekerja harus dihitung dengan menggunakan nilai  $E_{cj}$  yang ditentukan dan nilai momen efektif kedua dari luas unsur,  $I_{ef}$ .

Disamping lendutan sesaat, beton bertulang akan mengalami pula lendutan yang timbul secara berangsur – angsur dalam jangka waktu yang lama.

Dengan sendirinya bertambahnya regangan mengakibatkan perubahan distribusi tegangan pada beton dan tulangan baja sehingga lendutan bertambah untuk beban yang bersifat tetap. Selanjutnya lendutan ini disebut lendutan jangka panjang. Adapun perhitungan sesaat dan jangka panjang adalah sebagai berikut :

- Memasukkan nilai Modulus Elastisitas beton  $E_c$  berikut dalam program SAP 2000 SHELL :

Nilai Modulus Elastisitas beton  $E_c$  dihitung sebagai berikut :

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c'}$$

$$E_c = 4700 \sqrt{29,05}$$

$$E_c = 25332 \text{ MPa}$$

Dari SAP 2000 didapat lendutan sesaat  $\Delta_{st}$  maksimum yang terjadi pada plat ialah 2,14 cm yang disebabkan oleh kombinasi Ultimate 1.2DL+1,6LL

- Perhitungan lendutan jangka panjang dihitung dengan mengalikan lendutan sesaat dengan nilai pengali  $K_{cs}$  yaitu:

$$K_{cs} = 2 - 1,2 \left( \frac{A_{sc}}{A_{st}} \right) = 2 - 1,2(1) = 0,8 \geq 0,8$$

Sehingga lendutan jangka panjang  $\Delta_{lt}$  akibat beban – beban yang bekerja pada plat adalah sebagai berikut :

Lendutan jangka panjang  $\Delta_{lt}$  akibat kombinasi ultimate 1.2DL+1,6LL:

$$\Delta_{lt} = \Delta_{st} \times K_{cs} = 2,14 \times 0,8 = 1,712 \text{ cm}$$

Pengecekan lendutan ijin harus dibatasi sebagaimana berikut ini :

Lendutan akibat pengaruh beban tetap yaitu :

$$0 < \text{lendutan yang terjadi} < L_n / 300$$

$$0 < 1,71 < 1,75 \text{ cm} \quad \mathbf{OK}$$

### 5.3 Perencanaan Balok

#### 5.3.1 Penulangan Balok Dermaga

Berikut ini akan diuraikan cara perhitungan penulangan balok, contoh balok melintang dermaga 600/900 mm, baik tulangan lentur, torsi, maupun geser. Untuk perhitungan tulangan balok lainnya disajikan pada lampiran.

#### 1. Penulangan Lentur

Data Perencanaan :

$$b = 600 \text{ mm}$$

$$h = 900 \text{ mm}$$

$$d' = 7 \text{ mm}$$

$$D \text{ tul} = 19 \text{ mm}$$

$$\phi = 0.8$$

Mutu Beton :

$$f_c' = 29,05 \text{ MPa}$$

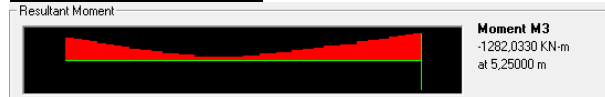
$$\beta = 0.85 - (0.008 \cdot (f_c' - 30)) = 0.857 \text{ MPa}$$

Mutu Baja U-40 :



$$f_y = 410 \text{ MPa}$$

### Tulangan Tumpuan



$$M_u = 1282033000 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= M_u / \phi \\ &= 1282033000 / 0.8 \\ &= 1602541250 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$d = 900 - 70 - 13 - \frac{1}{2}(22) = 804,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= 1.4 / f_y \\ &= 1.4 / 410 \\ &= 0.00341 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0.85 \times \beta \times f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0.85 \times 0.858 \times 29,05}{410} \times \frac{600}{600 + 410} \\ &= 0.0306 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0.75 \times \rho_b \\ &= 0.75 \times 0.0306 = 0,0229 \end{aligned}$$

Di rencanakan **Tumpuan Tarik**

Tulangan terpasang : **8 D22**

$$\begin{aligned} A_{st} &= \pi/4 \cdot D^2 \cdot n \\ &= 3.14/4 \times 22^2 \times 8 \\ &= 3039,52 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho (\text{tarik}) &= A_{st} / b \cdot d \\ &= 3039,52 / (600 \times 804,5) \\ &= 0.0063 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

Cek kemampuan nominal :

$$\begin{aligned} T &= A_{st} \times f_y \\ &= 3039,52 \times 410 \\ &= 1246203 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= T / (0.85 \times f_c' \times b) \\
 &= 1246203 / (0.85 \times 29,05 \times 600) \\
 &= 84,23 \text{ mm} \\
 \phi M_n &= \phi \times T \times (d - a/2) \\
 &= 0.8 \times 464751,4 \times (804,5 - 84,23/2) \\
 &= 760068899 \text{ Nmm} \\
 &\text{momen tahanan bagian bertulangan tunggal}
 \end{aligned}$$

### Kontrol 1

$$\phi M_n > M_u = 1282033000 \rightarrow \text{TIDAK OK}$$

Direncanakan tulangan rangkap, perlu tulangan tekan bagian tumpuan :

Momen yang harus dipikul tulangan rangkap :

$$\begin{aligned}
 M_{n2} &= \frac{M_u}{\phi} = \frac{1282033000}{0,8} - 760068899 \\
 &= 842472350 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Untuk tulangan rangkap perlu meneyelidiki apakah tulangan tekan sudah leleh, dengan kontrol :

$$\begin{aligned}
 \rho - \rho' &\geq \frac{0.85 \times \beta \times f_c' \times d'}{f_y \times d} \times \frac{600}{600 - f_y} \\
 &\geq \frac{0.85 \times 0.858 \times 29,05 \times 70}{410 \times 804,5} \times \frac{600}{600 - 410}
 \end{aligned}$$

$$0,5 \rho_b \geq 0.014$$

$0,0153 \geq 0.014 \rightarrow$  dengan demikian, tulangan tekan telah leleh  $\rightarrow f'_s = f_y$

$$M_{n2} = A's \times f_y \times (d - d')$$

Maka  $A's$  luas tulangan tekan dibutuhkan) dapat diketahui

$$\begin{aligned}
 M_{n2} &= A's \times f_y \times (d - d') \\
 842472350 &= A's \times 410 \times (804,5 - 70)
 \end{aligned}$$

$$A's = 2797,56 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}\rho'(\text{tekan}) &= A's/b.d \\ &= 2797,56 / (600 \times 804,5) \\ &= 0.0058\end{aligned}$$

Di rencanakan **Tumpuan Tekan**

Tulangan terpasang : **8 D22**

$$\begin{aligned}A's &= \pi/4 \cdot D^2 \cdot n \\ &= 3.14/4 \times 22^2 \times 8 \\ &= 3039,52 > A's = 2797,56 \text{ mm}^2 \rightarrow \mathbf{OK}\end{aligned}$$

As Total Pakai

$$\begin{aligned}&= A_{st}(\text{tarik}) + A's(\text{tekan}) \\ &= 3039,52 + 303,52 \text{ mm}^2 \\ &= 6079,04 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Cek kemampuan nominal :

$$\begin{aligned}T &= A_{st} \text{ tot} \times f_y \\ &= 6079,04 \times 410 = 2492406 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}a &= T / (0.85 \times f_c' \times b) \\ &= 2492406 / (0.85 \times 29,05 \times 600) \\ &= 168,46 \text{ mm}\end{aligned}$$

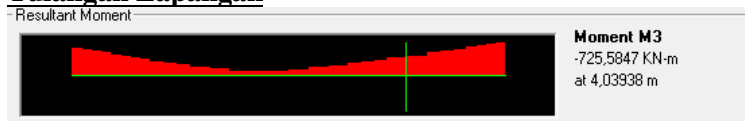
$$\begin{aligned}\phi M_n &= \phi \times T \times (d - a/2) \\ &= 0.8 \times 2492406 \times (804,5 - 168,46/2) \\ &= 1436162839 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

momen tahanan bagian bertulangan rangkap

**Kontrol Total**

$$\phi M_n > M_u = 414249300 \rightarrow \mathbf{OK}$$

### Tulangan Lapangan



$$\begin{aligned}
M_u &= 725584000 \text{ Nmm} \\
M_n &= M_u / \phi \\
&= 725584000 / 0.8 \\
&= 906980000 \text{ Nmm} \\
d &= 900 - 70 - 13 - \frac{1}{2} (22) = 804,5 \text{ mm} \\
\rho_{\min} &= 1.4 / f_y \\
&= 1.4 / 410 = 0.00341 \\
\rho_b &= \frac{0.85 \times \beta \times f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\
&= \frac{0.85 \times 0.858 \times 29,01}{410} \times \frac{600}{600 + 410} \\
&= 0.0306 \\
\rho_{\max} &= 0.75 \times \rho_b \\
&= 0.75 \times 0.0361 = 0,0229
\end{aligned}$$

Di rencanakan **Lapangan Tarik**  
Tulangan terpasang : **6 D22**

$$\begin{aligned}
A_{st} &= \pi/4 \cdot D^2 \cdot n \\
&= 3.14/4 \times 22^2 \times 6 \\
&= 2279,64 \text{ mm}^2 \\
\rho \text{ (tarik)} &= A_{st}/b.d \\
&= 2279,64 / (600 \times 804,5) \\
&= 0.0031 \\
\rho_{\min} &< \rho < \rho_{\max} \\
\text{Cek kemampuan nominal :} \\
T &= A_{st} \times f_y \\
&= 2279,64 \times 410 \\
&= 934652 \text{ N} \\
a &= T / (0.85 \times f_c' \times b) \\
&= 934652 / (0.85 \times 29,05 \times 600) \\
&= 63,17 \text{ mm} \\
\phi M_n &= \phi \times T \times (d - a/2) \\
&= 0.8 \times 934652 \times (804,5 - 63,17/2) \\
&= 577924327 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

momen tahanan bagian bertulangan tunggal

### Kontrol 1

$$\phi M_n > M_u = 725584000 \rightarrow \text{TIDAK OK}$$

Direncanakan tulangan rangkap, perlu tulangan tekan bagian tumpuan :

Momen yang harus dipikul tulangan rangkap :

$$\begin{aligned} M_{n2} &= \frac{M_u}{\phi} = \frac{725584000}{0,8} - 577924327 \\ &= 842472350 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Untuk tulangan rangkap perlu meneyelidiki apakah tulangan tekan sudah leleh, dengan kontrol :

$$\begin{aligned} \rho - \rho' &\geq \frac{0.85 \times \beta \times f_c' \times d'}{f_y \times d} \times \frac{600}{600 - f_y} \\ &\geq \frac{0.85 \times 0.858 \times 29,05}{410 \times 804,5} \times \frac{600}{600 - 410} \end{aligned}$$

$$0,5 \rho_b \geq 0.0141$$

$0,0153 \geq 0.0141 \rightarrow$  dengan demikian, tulangan tekan tekan telah leleh  $\rightarrow f'_s = f_y$

$$M_{n2} = A's \times f_y \times (d - d')$$

Maka  $A's$  luas tulangan tekan dibutuhkan) dapat diketahui

$$\begin{aligned} M_{n2} &= A's \times f_y \times (d - d') \\ 329055672 &= A's \times 410 \times (804,5 - 70) \\ A's &= 1092,6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho'(\text{tekan}) &= A_{st}/b.d \\ &= 1092,6 / (600 \times 804,5) \\ &= 0.0023 \end{aligned}$$

Di rencanakan **Lapangan Tekan**

Tulangan terpasang : **4 D22**

$$\begin{aligned} A'_{st} &= \pi/4 \cdot D^2 \cdot n \\ &= 3.14/4 \times 22^2 \times 4 \\ &= 1519,76 > A'_s = 1092,6 \text{ mm}^2 \rightarrow \mathbf{OK} \end{aligned}$$

As Total Pakai

$$\begin{aligned} &= A_{st} (\text{tarik}) + A'_{st} (\text{tekan}) \\ &= 2279,64 + 1519,76 \text{ mm}^2 \\ &= 3799,4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek kemampuan nominal :

$$\begin{aligned} T &= A_{st} \text{ tot} \times f_y \\ &= 3799,4 \times 410 = 1557754 \text{ N} \\ a &= T / (0.85 \times f_c' \times b) \\ &= 1557754 / (0.85 \times 29,05 \times 600) \\ &= 105,2 \text{ mm} \\ \phi M_n &= \phi \times T \times (d - a/2) \\ &= 0.8 \times 1557754,4 \times (804,5 - 105,2/2) \\ &= 936965036 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

momen tahanan bagian bertulangan rangkap

**Kontrol Total**

$$\phi M_n > M_u = 725584000 \rightarrow \mathbf{OK}$$

## 2. Penulangan Torsi

Data Perencanaan :

$$\begin{aligned} b &= 600 \text{ mm} \\ h &= 900 \text{ mm} \\ p &= 70 \text{ mm} \\ D_{tul} &= 19 \text{ mm} \\ \phi &= 0.75 \\ \theta &= 45^\circ (\text{struktur nonpratekan}) \\ \cot \theta &= 1 \end{aligned}$$

Mutu Beton :

$$f_c' = 29,05 \text{ MPa}$$

$$\beta = 0.85 - (0.008 * (f_c' - 30)) = 0.858$$

Mutu Baja U-40 :

$$f_y = 410 \text{ MPa}$$

Perhitungan tulangan :



$$T_u = 64855000 \text{ Nmm}$$

$$V_u = 454695 \text{ N}$$

$$A_{cp} = b \times h$$

$$= 600 \times 900 = 540000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2 (b + h)$$

$$= 2 (600 + 900) = 3000 \text{ mm}^2$$

Hitung batasan nilai momen torsi yang boleh diabaikan.

$$T_u > \phi \cdot \frac{\sqrt{f_c'}}{12} \cdot \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$> 0.75 \cdot \frac{\sqrt{29,05}}{12} \cdot \left( \frac{540000^2}{3000} \right)$$

$$64855000 > 32720516,21 \text{ Nmm}$$

Maka torsi harus diperhitungkan.

Hitung tahanan momen torsi yang diperlukan :

$$T_n = T_u / \phi$$

$$= 64855000 / 0.75$$

$$= 86473333 \text{ Nmm}$$

Hitung sifat-sifat tampang datar yang diperlukan,  $A_o = 0.85 \times A_{oh}$ , dimana  $A_{oh}$  merupakan bagian luasan penampang yang dibatasi garis berat sengkang tertutup. Jika diasumsikan diameter sengkang 13 mm dan selimut

beton atas 50 mm, bawah 70mm dan samping 50 mm, maka :

$$x1 = 600 - 2 (50 + 13 / 2) = 487 \text{ mm}$$

$$y1 = 900 - ((70+50)+2(13/2))=762\text{mm}$$

$$A_{oh} = x1 \cdot y1 = 371094 \text{ mm}^2$$

$$A_o = 0.85 \times A_{oh} = 3154229 \text{ mm}^2$$

$$d = 900 - 70 - 13 - 19/2 = 827,5 \text{ mm}$$

$$P_h = 2 (x1 + y1) = 2498 \text{ mm}$$

Periksa kecukupan dimensi penampang :

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b \cdot h}\right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot P_h}{1.7 A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b \cdot h} + \frac{2\sqrt{f'_{c'}}}{3}\right)$$

$$V_c = \frac{\sqrt{f'_{c'}}}{6} \cdot b \cdot d = 487780,7781 \text{ N}$$

$$\sqrt{\left(\frac{432711}{900 \times 827,5}\right)^2 + \left(\frac{48665300 \times 2536}{1.7 \times 379456^2}\right)^2} \leq 0.75 \left(\frac{487780,7781}{900 \cdot 827,5} + \frac{2\sqrt{29,05}}{3}\right)$$

$$1,06 \text{ MPa} < 3,36 \text{ MPa} , \rightarrow \text{OK}$$

Maka kuat lentur tampang mencukupi.

Hitung kebututuhan tulangan torsi :

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 \cdot A_o \cdot f_{yv} \cdot \cot\theta} = \frac{86473333}{2 \times 315429 \times 410 \times 1} = 0,342 \text{ mm}$$

$$\frac{A_t}{s} \geq b_w / 6f_{yv} = 900 / (6 \times 400) = 0.25 \rightarrow \text{OK}$$

Kebutuhan tulangan torsi arah longitudinal :

$$\begin{aligned} A_l &= \frac{A_t}{s} P_h \left(\frac{f_{yv}}{f_{yl}}\right) \cot^2\theta \\ &= 0,342 \times 2498 \times \left(\frac{400}{410}\right) \times 1^2 \\ &= 835,13 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 A_l \text{ min} &= \frac{5 \sqrt{f_c'} A_{cp}}{12 f_{yl}} - \frac{A_t}{s} \times Ph \times \frac{f_{yv}}{f_{yl}} \\
 &= \frac{5 \sqrt{29,05} \cdot 540000}{12 \times 410} - 0,342 \times 2498 \times \frac{400}{410} \\
 &= 2194,5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan torsi arah longitudinal 2194,5 mm<sup>2</sup>.

Dalam pemasangannya tulangan torsi longitudinal (A<sub>l</sub>) disebar; ½ A<sub>l</sub> didistribusikan merata pada muka tampang arah vertikal

Tulangan bagian badan :

$$\frac{1}{2} \times 2194,5 \text{ mm}^2 = 1097,27 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipakai } \mathbf{6D-19} = 1700,31 \text{ mm}^2 \mathbf{OK}$$

### 3. Penulangan Geser

Data Perencanaan :

$$b = 600 \text{ mm}$$

$$h = 900 \text{ mm}$$

$$p = 70 \text{ mm}$$

$$\phi = 0.75$$

Mutu Beton :

$$f_c' = 29,01 \text{ MPa}$$

$$\beta = 0.85 - (0.008 * (f_c' - 30)) = 0.858 \text{ MPa}$$

Mutu Baja U-40 :

$$f_y = 410 \text{ MPa}$$

### Tulangan Tumpuan



$$\begin{aligned}
 V_u &= 454695 \text{ N} \\
 V_n &= V_u / \varphi \\
 &= 4546695 / 0.75 \\
 &= 606260 \text{ N} \\
 V_c &= \frac{\sqrt{f_c'}}{6} \cdot b \cdot d = 433311 \text{ N} \\
 V_s &= \frac{\sqrt{f_c'}}{3} \cdot b \cdot d = 866622 \text{ N} \\
 V_{s.\min} &= \frac{1}{3} \cdot b \cdot d = 160900 \text{ N} \\
 V_{s.\max} &= \frac{2}{3} \cdot b \cdot d = 1733244 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kondisi 1 :

$$\begin{aligned}
 V_u &< 0,5 \cdot \varphi \cdot V_c \\
 454695 \text{ N} &< 0,5 \times 0.75 \times 433311 \text{ N} \\
 454695 \text{ N} &< 162491 \quad \rightarrow \textbf{TIDAK OK}
 \end{aligned}$$

Kondisi 2 :

$$\begin{aligned}
 V_u &< \varphi \cdot V_c \\
 454695 \text{ N} &< 0,75 \times 433311 \text{ N} \\
 454695 \text{ N} &< 324983 \quad \rightarrow \textbf{TIDAK OK}
 \end{aligned}$$

Kondisi 3 :

$$\begin{aligned}
 V_u &< \varphi \cdot (V_c + V_{s.\min}) \\
 454695 \text{ N} &< 0,75 \times 433311 + 160900 \\
 454695 \text{ N} &< 445658 \quad \rightarrow \textbf{TIDAK OK}
 \end{aligned}$$

Kondisi 4 :

$$\begin{aligned}
 V_u &< \varphi \cdot (V_c + V_s) \\
 454695 \text{ N} &< 0,75 \times 433311 + 866622 \\
 454695 \text{ N} &< 974950 \quad \rightarrow \textbf{OK}
 \end{aligned}$$

Artinya, memerlukan tulangan geser

$$\begin{aligned}
 \frac{A_v}{s} &= \frac{V_s}{f_y \times d} \\
 \frac{A_v}{s} &= \frac{884935}{410 \times 821,5}
 \end{aligned}$$

$$\frac{A_v}{s} = 2,6274 \text{ mm}$$

$$\frac{A_v \text{ tot}}{s} = \frac{2 A_t}{s} + \frac{A_v}{s}$$

$$\frac{A_v \text{ tot}}{s} = 2(0,342) + 2,6274 = 3,127 \text{ mm}$$

Dipasang sengkang 4 kaki berdiameter 13 mm.

Spasi tulangan :

$$s = \frac{A_v}{A_v \text{ tot} / s}$$

$$s = \frac{\left(\frac{1}{4} \times 3.14 \times 13^2 \cdot 2\right)}{3,2725}$$

$$s = 160,18 \text{ mm} \text{ Jadi } s. \text{ Pakai } = 100 \text{ mm}$$

Maka digunakan sengkang : **D 13 – 100 mm**

Sedangkan nilai  $A_v$  total minimum adalah

$$A_v + 2 A_t = s \sqrt{f_c'} \frac{b_w \times s}{1200 f_y}$$

$$A_v + 2 A_t = 100 \sqrt{29,05} \frac{600 \times 100}{1200 \times 410}$$

$$A_v + 2 A_t = 65,68 \text{ mm}$$

Dan nilai  $A_v + 2 A_t$  tidak boleh kurang dari :

$$1/3 \times b \times s / f_y = 1/3 \times 600 \times 100 / 410 = 48,78 \text{ mm}$$

$$A_v \quad > A_v + 2. A_t \quad > 1/3 \times b \times s / f_y$$

$$530,66 \quad > 65,68 > 48,78 \rightarrow \text{OK}$$

***Hasil penulangan balok lainnya bisa dilihat di lampiran***

#### **4. Kontrol Displacement pada Balok Tepi**

Output pemodelan Sap2000 untuk displacement :

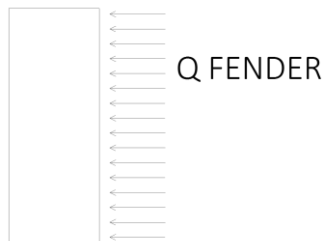
- (1) arah X (u2) (Dermaga-Dermaga) didapat kombinasi ultimit kondisi Gempa :

$$(U) 1,2 \text{ DL} + 0,5 \text{ LL} + 1 \text{ EQY} + 0,3 \text{ EQX} = 17 \text{ cm}$$

- (2) arah Y (u2) (Trestle-Dermaga) didapat kombinasi ultimit kondisi Gempa :  
 (U)  $1,2 DL + 0,5 LL + 1 EQX + 0,3 EQY = 17 \text{ cm}$

Artinya, Jika saat kondisi gempa maka dengan delatasi 50 cm, tidak akan terjadi benturan kedua dermaga tersebut.

#### 5.4 Perencanaan Balok Fender



*Gambar 5.16 Detail Balok Fender*

Data Perencanaan :

$$\begin{aligned}
 b_w &= 3000 \text{ mm} \\
 h &= 1000 \text{ mm} \\
 p &= 50 \text{ mm} \\
 d &= h - p \\
 &= 1000 - 50 \\
 &= 950 \text{ mm} \\
 a &= 3000/2 \\
 &= 1500 \\
 \lambda &= 1 \\
 \mu &= 1.4 \lambda = 1.4
 \end{aligned}$$

Dimensi Fender :

$$h = 2,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 b &= 1,2 \text{ m} \\
 f_c' &= 41,5 \text{ MPa} \\
 f_y &= 400 \text{ MPa} \\
 \phi &= 0.75
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Reaksi fender} &= 124,5 \text{ ton} \\
 &= 124,5 \text{ ton} / 2,5 \text{ m} \\
 &= 49,8 \text{ ton/m} \\
 V_u &= 2 (49,8 \times 2.5) \\
 &= 249 \text{ ton} \\
 V_n &= V_u / \phi = 249 / 0.75 = 332 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Kontrol dimensi :

$$\begin{aligned}
 V_n &\leq 0.2 \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d \\
 332 \times 10^4 \text{ N} &< 367 \times 10^4 \text{ N} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

***Hasil penulangan balok fender bisa dilihat di lampiran***

## 5.5 Perencanaan Pile Cap

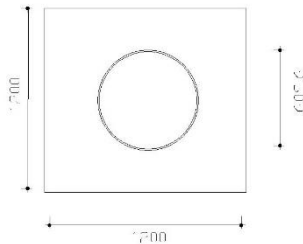
Pada sub ini akan diuraikan penulangan Pilecap berdasarkan dimensi Pilecap dan tiang pancang yang digunakan. Tipe Pilecap antara lain:

*Table 5.1. Dimensi Pilecap*

Tipe	Dimensi (mm)	Tiang	Ket	Lokasi
A	1200 x 1200 x 1200	1	T. Tegak	Dermaga
B	2100 x 1200 x 1200	2	T. Miring	Dermaga
C	1100 x 1100 x 1000	1	T. Tegak	Trestle

### 5.5.1 Penulangan Pilecap Tipe A

Penulangan terhadap pilecap direncanakan untuk mengatasi eksentrisitas terhadap posisi tiang pancang rencana pada saat pelaksanaan. Diambil contoh tiang tegak diameter tiang 609,6 mm.



*Gambar 5.17 Tampak Atas Pilecap Tipe A*

Dimensi :

$$b = 1200 \text{ mm}$$

$$p = 50 \text{ mm}$$

$$h = 1200 \text{ mm}$$

$$d = 1200 - 50 - 25 - \frac{1}{2} \cdot 25 = 1112,5 \text{ mm}$$

$$m = f_y / (0.85 f_c')$$

$$= 410 / (0.85 \times 41,5) = 11,623$$

$$\Phi = 0.8$$

D tiang = 609,6 mm tebal 16 mm

Dia. Tulangan = 25 mm

Mutu Beton :

$$f_c' = 29,01 \text{ MPa}$$

$$\beta = 0.85 - (0.008 \times (41,5 - 30 \text{ MPa})) = 0.76$$

$$E_b = 4700 \sqrt{f_c'} = 30277 \text{ MPa}$$

Mutu Baja :

$$f_y = 410 \text{ MPa}$$

$$E_s = 2 \times 10^5 \text{ MPa}$$

### Kontrol Geser Ponds

$$P = 213,44 \text{ ton}$$

$$(1 + DLA) \cdot P \cdot 2 < 2 (a + b + 2h) h \cdot 1/6 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot \phi$$

$$(1 + 0.4) \times (213,44 \times 10^4) \times 2 \leq$$

$$2 (609,6 + 609,6 + (2 \times 1200)) 1200 \times 1/6 \times \sqrt{41,5} \times 0.8$$

$$5976320 \text{ N} < 7460820 \text{ N (OK)}$$

Pilecap kuat menahan gaya geser.

Perhitungan tulangan:

$$M_u = P \times \text{Eksentrisitas}$$

$$= 213,44 \text{ ton} \times 0,6096 \text{ m}$$

$$= 130,11 \text{ ton.m} = 1,3 \times 10^9 \text{ Nmm}$$

$$M_n = M_u / \phi$$

$$= 1,3 \times 10^9 / 0.8$$

$$= 1,6 \times 10^9 \text{ Nmm}$$

$$R_n = M_n / (b \cdot d^2)$$

$$= 1,6 \times 10^9 / (1200 \times 1112,5^2)$$

$$= 1,095$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{410} = 0.0034$$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= 0.85 \times \beta \times \frac{f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600+f_y} \\
 &= 0.85 \times 0.81 \times \frac{41,5}{410} \times \frac{600}{600+410} = 0.0387 \\
 \rho_{maks} &= 0.75 \times \rho_b = 0.75 \times 0,0387 = 0.0291 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 \rho &= \frac{1}{11,623} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,623 \times 1,095}{410}} \right) \\
 \rho &= 0.0027
 \end{aligned}$$

maka digunakan  **$\rho = 0.00341$**

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \times b \times d \\
 &= 0.00341 \times 1200 \times 1112,5 \\
 &= 4558,54 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jarak terjauh (maksimum) antar tulangan ialah:

$$\begin{aligned}
 s &= (\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b) / A_s \\
 &= (\frac{1}{4} \times 3.14 \times 25^2 \times 1200) / 4558,54 \\
 &= 129,15 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan diameter **29 - 100 mm**

Tulangan terpasang:

$$\begin{aligned}
 A_{st} &= \pi / 4 \cdot D^2 \cdot (b/s) \\
 &= 3.14 / 4 \cdot 25^2 \cdot (1200/100) \\
 &= 5887,50 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

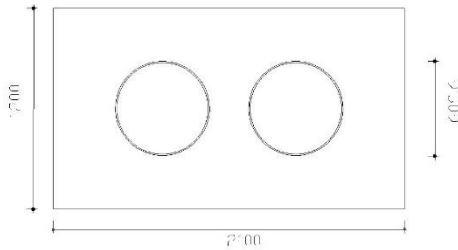
Cek Kemampuan Nominal

$$\begin{aligned}
 T &= A_{st} \cdot f_y \\
 &= 2413875 \text{ N} \\
 a &= T / (0.85 \times f_c' \times b) \\
 &= 2413875 / (0.85 \times 29,05 \times 1200) \\
 &= 57,02 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 \Phi M_n &= \phi \times T \times (d - a/2) \\
 &= 0.8 \times 2413875 \times (1112.5 - 57,02/2) \\
 &= 2,09 \times 10^9 \text{ Nmm} \\
 \Phi M_n &> M_u = 1,30.10^9 \text{ Nmm} \rightarrow \mathbf{OK}
 \end{aligned}$$

### 5.5.2 Penulangan Pilecap Tipe B



*Gambar 5.18 Tampak Atas Pilecap Tipe B*

Dimensi :

$$\begin{aligned}
 b_x &= 2100 \text{ mm} \\
 b_y &= 1200 \text{ mm} \\
 p &= 50 \text{ mm} \\
 h &= 1000 \text{ mm} \\
 m &= f_y / (0.85 f_c') \\
 &= 410 / (0.85 \times 41,5) = 11,623 \\
 \Phi &= 0.8 \\
 \text{Dia. Tulangan} &= 25 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Mutu Beton :

$$\begin{aligned}
 f_c' &= 41,5 \text{ MPa} \\
 \beta &= 0.85 - (0.008 \times (35 - 30 \text{ MPa})) = 0.76 \\
 E_b &= 4700 \sqrt{f_c'} = 30277 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Mutu Baja :

$$f_y = 410 \text{ MPa}$$

$$E_s = 2 \times 10^5 \text{ MPa}$$

### Kontrol Geser Ponds

$$P = 213,44 \text{ ton}$$

$$(1 + DLA) \cdot P \cdot 2 < 2(a + b + 2h) h \cdot 1/6 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot \phi$$

$$(1 + 0.4) \times (2134400) \times 2 \leq$$

$$2(609,6 + 609,6 + (2 \times 1200)) 1200 \times 1/6 \times \sqrt{(41,5)} \times 0.8$$

$$2134400 \text{ N} < 3730410 \text{ N}$$

Pilecap kuat menahan gaya geser.

### Perhitungan tulangan arah X:

$$M_u = P \times \text{Eksentrisitas}$$

$$= 213,44 \text{ ton} \times 0,3048 \text{ m}$$

$$= 65,06 \text{ ton.m} = 6,5 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

$$M_n = M_u / \phi$$

$$= 6,5 \times 10^8 / 0.8$$

$$= 8,1 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

$$d_x = 1200 - 50 - 1/2 \cdot 25 = 1137,5 \text{ mm}$$

$$R_n = M_n / (b \cdot d^2)$$

$$= 8,1 \times 10^8 / (2100 \times 1137,5^2)$$

$$= 0,299$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{410} = 0.0034$$

$$\rho_b = 0.85 \times \beta \times \frac{f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$= 0.85 \times 0.81 \times \frac{41,5}{410} \times \frac{600}{600 + 410} = 0.0387$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times \rho_b = 0.75 \times 0.0387 = 0.0291$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{11,623} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,623 \times 0,299}{410}} \right)$$

$$\rho = 0.0007331$$

maka digunakan  $\rho = \mathbf{0.0034}$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0.0034 \times 2100 \times 1137,5 \\ &= 8156,7073 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak terjauh (maksimum) antar tulangan ialah:

$$\begin{aligned} s &= (\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b) / A_s \\ &= (\frac{1}{4} \times 3.14 \times 25^2 \times 2100) / 8156,7 \\ &= 126,31 \text{ mm} = 100 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan diameter **25 - 100 mm**

Tulangan terpasang:

$$\begin{aligned} A_{st} &= \pi / 4 \cdot D^2 \cdot (b/s) \\ &= 3.14 / 4 \cdot 25^2 \cdot (2100/100) \\ &= 10303,13 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Kemampuan Nominal

$$\begin{aligned} T &= A_{st} \cdot f_y \\ &= 4224281 \text{ N} \\ a &= T / (0.85 \times f_c' \times b \times) \\ &= 57,02 \text{ mm} \\ \Phi M_n &= \phi \times T \times (d - a/2) \\ &= 3,7 \times 10^9 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\Phi M_n > M_u = 6,5 \times 10^8 \text{ Nmm} \rightarrow \mathbf{OK}$$

**Perhitungan tulangan arah Y:**

$$d_y = 1000 - 50 - 29 - \frac{1}{2} \cdot 29 = 1112,5 \text{ mm}$$

$$R_n = M_n / (b \cdot d^2) \\ = 0.5475$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{410} = 0.0034$$

$$\rho_b = 0.85 \times \beta \times \frac{f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ = 0.85 \times 0.81 \times \frac{41,5}{410} \times \frac{600}{600 + 410} = 0.034$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times \rho_b = 0.75 \times 0.0361 = 0.0291$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{11,623} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,623 \times 0,5475}{410}} \right)$$

$$\rho = 0.001346$$

maka digunakan  **$\rho_{\min} = 0.0034$**

$$A_s = \rho \times b \times d \\ = 0.0034 \times 1200 \times 1112,5 \\ = 4558,5 \text{ mm}^2$$

Jarak terjauh (maksimum) antar tulangan ialah:

$$s = \left( \frac{1}{4} \times \pi \times d_t^2 \times b \right) / A_s \\ = \left( \frac{1}{4} \times 3.14 \times 25^2 \times 1200 \right) / 4558,5 \\ = 129,15 \text{ mm} = 100 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan diameter **25 -100 mm**

Tulangan terpasang:

$$A_{st} = \pi / 4 \cdot D^2 \cdot (b/s) \\ = 3.14 / 4 \cdot 25^2 \cdot (1200/100) \\ = 5887,5 \text{ mm}^2$$

Cek Kemampuan Nominal

$$\begin{aligned}
 T &= A_{st} \cdot f_y \\
 &= 2413875 \text{ N} \\
 a &= T / (0.85 \times f_c' \times b) \\
 &= 57,025 \text{ mm} \\
 \Phi M_n &= \phi \times T \times (d - a/2) \\
 &= 2,09 \times 10^9 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\Phi M_n > M_u = 6,5 \times 10^8 \text{ Nmm} \rightarrow \mathbf{OK}$$

### 5.5.3 Penulangan Pilecap Tipe C

Dimensi :

$$\begin{aligned}
 b &= 1100 \text{ mm} \\
 p &= 50 \text{ mm} \\
 h &= 1000 \text{ mm} \\
 d &= 1200 - 50 - 25 - \frac{1}{2} \cdot 25 = 912,5 \text{ mm} \\
 m &= f_y / (0.85 f_c') \\
 &= 410 / (0.85 \times 41,5) = 11,623 \\
 \Phi &= 0.8
 \end{aligned}$$

$$D \text{ tiang} = 609,6 \text{ mm tebal } 16 \text{ mm}$$

$$\text{Dia. Tulangan} = 25 \text{ mm}$$

Mutu Beton :

$$\begin{aligned}
 f_c' &= 29,05 \text{ MPa} \\
 \beta &= 0.85 - (0.008 \cdot (41,5 - 30 \text{ MPa})) = 0.76 \\
 E_b &= 4700 \sqrt{f_c'} = 30277 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Mutu Baja :

$$\begin{aligned}
 f_y &= 410 \text{ MPa} \\
 E_s &= 2 \times 10^5 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

### Kontrol Geser Ponds

$$P = 63,15 \text{ ton}$$

$$(1 + DLA) \cdot P \cdot 2 < 2 (a + b + 2h) \cdot h \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot \phi$$

$$(1+0.4) \times (63,15 \times 10^4) \times 2 \leq$$

$$2 (609,6 + 609,6 + (2 \times 1000)) 1000 \times 1/6 \times \sqrt[4]{41,5} \times 0.8$$

$$1768144 \text{ N} < 5530198 \text{ N (OK)}$$

Pilecap kuat menahan gaya geser.

Perhitungan tulangan:

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= P \times \text{Eksentrisitas} \\ &= 63,15 \text{ ton} \times 0,6096 \text{ m} \\ &= 38,50 \text{ ton.m} = 3,8 \times 10^8 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mn} &= \text{Mu} / \phi \\ &= 3,8 \times 10^8 / 0.8 \\ &= 4,8 \times 10^8 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rn} &= \text{Mn} / (b \cdot d^2) \\ &= 4,8 \times 10^8 / (1100 \times 906,5^2) \\ &= 0,532 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{400} = 0.0034$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= 0.85 \times \beta \times \frac{f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600+f_y} \\ &= 0.85 \times 0.81 \times \frac{41,5}{410} \times \frac{600}{600+410} = 0.0387 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0.75 \times \rho_b = 0.75 \times 0,0387 = 0.0291$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot \text{Rn}}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{11,623} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,623 \times 0,532}{410}} \right)$$

$$\rho = 0.0013$$

maka digunakan  $\rho = 0.00341$

$$\begin{aligned} \text{As} &= \rho \times b \times d \\ &= 0.00341 \times 1100 \times 912,5 \\ &= 3427,4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak terjauh (maksimum) antar tulangan ialah:

$$\begin{aligned}
 s &= (\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b) / A_s \\
 &= (\frac{1}{4} \times 3.14 \times 25^2 \times 1100) / 3427,4 \\
 &= 157,46 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan diameter **25 - 150 mm**

Tulangan terpasang:

$$\begin{aligned}
 A_{st} &= \pi / 4 \cdot D^2 \cdot (b/s) \\
 &= 3.14 / 4 \cdot 25^2 \cdot (1100/150) \\
 &= 357,92 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Cek Kemampuan Nominal

$$\begin{aligned}
 T &= A_{st} \cdot f_y \\
 &= 1475146 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= T / (0.85 \times f_c' \times b) \\
 &= 1475146 / (0.85 \times 41,5 \times 1100) \\
 &= 38,01 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Phi M_n &= \phi \times T \times (d - a/2) \\
 &= 0.8 \times 1475146 \times (912.5 - 38,01/2) \\
 &= 1,05 \times 10^9 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\Phi M_n > M_u = 3,84.10^8 \text{ Nmm} \rightarrow \mathbf{OK}$$

*Table 5.2. Resume Tulangan Pilecap*

TIPE	STEEL PIPE PILE	UKURAN PILE CAP (mm)			KONTROL GESER POND	TULANGAN		KONTROL
	(mm)	bx	by	h		ARAH X	ARAH Y	
A	609,6	1200	1200	1200	OK	25 - 100	25 - 100	OK
B		2100	1200	1200	OK	25 - 100	25 - 100	OK
C		1100	1100	1000	OK	25 - 150	25 - 150	OK

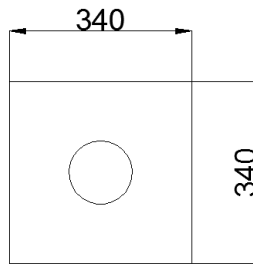
(Sumber : Perhitungan)

## 5.6 Perencanaan Mooring Dolphin

Pada sub ini akan diuraikan penulangan Mooring Dolphin berdasarkan tiang pancang yang digunakan. Dimodelkan menggunakan Tipe plat tebal dengan tebal 2 m dengan dimensi arah  $b_x$  dan  $b_y$  3,4 m. n (Tiang) sejumlah 6 SPP (Dia = 609,6 t =16)

### 5.6.1 Penulangan Mooring Dolphin

Penulangan pada mooring dolphin bertujuan untuk menjaga stabilitas struktur dolphin akibat beban – beban yang bekerja pada struktur mooring dolphin yang diakibatkan oleh gaya tambat (mooring force)



*Gambar 5.19 Tampak Atas Mooring Dolphin*

Dimensi :

$$b_x, b_y = 3400 \text{ mm}$$

$$p = 100 \text{ mm}$$

$$h = 2000 \text{ mm}$$

$$d = 2000 - 100 - 29 - \frac{1}{2} \cdot 29 = 1856,5 \text{ mm}$$

$$m = f_y / (0.85 f_c') = 410 / (0.85 \times 41,5) = 11,623$$

$$\Phi = 0.8 \text{ (faktor reduksi)}$$

$$D \text{ tiang} = 609,6 \text{ mm tebal } 16 \text{ mm}$$

$$\text{Dia. Tulangan} = 29 \text{ mm}$$



Mutu Beton :

$$f_c' = 41,5 \text{ MPa}$$

$$\beta = 0.85 - (0.008 * (35 - 41,55 \text{ MPa})) = 0.76$$

$$E_b = 4700 \sqrt{f_c'} = 30277 \text{ MPa}$$

Mutu Baja :

$$f_y = 410 \text{ MPa}$$

$$E_s = 2 \times 10^5 \text{ MPa}$$

### Kontrol Geser Ponds

$$P = 253,37 \text{ ton}$$

$$P < (a + b + 2h) h \cdot 1/6 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot \phi$$

$$(253,37 \times 10^4) \leq$$

$$(609,6 + 609,6 + (2 \times 2000)) 2000 \times 1/6 \times \sqrt{41,5} \times 0.8$$

$$5067400 \text{ N} < 17931916 \text{ N (OK)}$$

Pilecap kuat menahan gaya geser.

Perhitungan tulangan:

$$M_u = P \times \text{Eksentrisitas}$$

$$= 253,37 \text{ ton} \times 0,3048 \text{ m}$$

$$= 77,23 \text{ ton.m} = 7,7 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

$$M_n = M_u / \phi$$

$$= 7,7 \times 10^8 / 0.8$$

$$= 9,6 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

$$R_n = M_n / (b \cdot d^2)$$

$$= 9,6 \times 10^8 / (3400 \times 1856,5^2)$$

$$= 0,165$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{410} = 0.0034$$

$$\rho_b = 0.85 \times \beta \times \frac{f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0.85 \times 0.81 \times \frac{41,5}{410} \times \frac{600}{600+410} = 0.0387 \\
 \rho_{\text{maks}} &= 0.75 \times \rho_b = 0.75 \times 0.0387 = 0.0291 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 \rho &= \frac{1}{11,623} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,623 \times 0,165}{410}} \right) \\
 \rho &= 0.0004
 \end{aligned}$$

maka digunakan  $\rho = \mathbf{0.00341}$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \times b \times d \\
 &= 0.00341 \times 3400 \times 1856,5 \\
 &= 21553,5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jarak terjauh (maksimum) antar tulangan ialah:

$$\begin{aligned}
 s &= (\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b) / A_s \\
 &= (\frac{1}{4} \times 3.14 \times 29^2 \times 3400) / 21553,5 \\
 &= 104,14 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan diameter **29 - 100 mm**

Tulangan terpasang:

$$\begin{aligned}
 A_{st} &= \pi / 4 \cdot D^2 \cdot (b/s) \\
 &= 3.14 / 4 \cdot 29^2 \cdot (3400/100) \\
 &= 22446,29 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Cek Kemampuan Nominal

$$\begin{aligned}
 T &= A_{st} \cdot f_y \\
 &= 9202978 \text{ N} \\
 a &= T / (0.85 \times f_c' \times b) \\
 &= 9202978 / (0.85 \times 41,5 \times 3400) \\
 &= 76,73 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\Phi M_n = \phi \times T \times (d - a/2)$$

$$= 0.8 \times 9202978 \times (1856.5 - 76,73/2)$$

$$= 1,33 \times 10^{10} \text{ Nmm}$$

$$\Phi M_n > M_u = 7,7 \cdot 10^8 \text{ Nmm} \rightarrow \text{OK}$$

## 5.7 Perhitungan Panjang Penyaluran ke Struktur Atas dan Base Plate Dermaga

### A. Tiang Pancang Ø609,6 mm tebal 16 mm

Data Perencanaan:

$$D_{\text{tiang}} = 609,6 \text{ mm}$$

$$D_{\text{dalam tiang}} = 577,6 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal} = 16 \text{ mm}$$

$$\phi = 0.7$$

$$f_c' = 41,5 \text{ MPa}$$

$$f_y = 410 \text{ MPa}$$

$$P_{\text{kerja}} = 213,44 \text{ ton}$$

#### a) Kontrol kekuatan beton dalam tiang

$$P_{\text{beton dalam tiang}} \geq P_{\text{kerja}}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{beton dalam tiang}} &= A_{\text{beton}} \times 0.85 \times \phi \times f_c' \\ &= 1/4(3.14)(577,6^2) \times 0.85 \times 0.7 \times 41,5 \\ &= 646,67 \text{ ton} > 213,44 \text{ ton} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

#### b) Kontrol kekuatan las

Direncanakan menggunakan las E 60 XX

$$\text{Tegangan ijin tarik las } (\sigma_e) = 460 \text{ Mpa}$$

Direncanakan tebal las tebal 5 mm

Maka kekuatan las

$$= (\text{keliling las} \times \text{tebal las}) \times \sigma_e$$

$$= (3.14 \times 577,6 \times 5) \times 460$$

$$= 417 \text{ ton}$$

$$417 \text{ Ton} > 213,44 \text{ Ton} \dots \text{OK (las kuat sekali)}$$

c) Tulangan dari tiang ke struktur atas

$$A_s \text{ perlu} \cdot f_{y\text{tulangan}} \geq P / \phi$$

$$A_s \text{ perlu} \cdot \geq P / (\phi \times f_{y\text{tulangan}})$$

$$A_s \text{ perlu} \cdot = \frac{213 \times 10^4}{0.7 \times 410}$$

$$A_s \text{ perlu} \cdot = 7436,93 \text{ mm}^2$$

**Dipasang 16 D25 (7850 mm<sup>2</sup>)**

**Sengkang spiral Ø12 – 200 mm**

d) Panjang penyaluran

Nilai yang diperhitungkan untuk panjang penyaluran dalam tekan yaitu dihitung sesuai persamaan berikut:

$$l_{db} = d_b \cdot \frac{f_y}{(4\sqrt{f'_c})}$$

$$l_{db} = 25 \cdot \frac{410}{(4\sqrt{41,5})} = 397,77 \text{ mm} = 390 \text{ mm}$$

Panjang penyaluran dasar harus dikalikan dengan faktor yang berlaku untuk luas tulangan terpasang lebih besar dari luas tulangan yang diperlukan.

Faktor modifikasi

$$= A_s \text{ perlu} / A_s \text{ terpasang}$$

$$= 0,94$$

Sehingga panjang penyaluran total adalah

$$L_{db} \cdot \text{Faktor modifikasi} = 397,77 \times 0,94$$

$$= 376,84 \text{ mm}$$

Dipakai panjang penyaluran sebesar 600 mm. (minimal setengah lebih dari tebal pilecap)

Panjang penyaluran dasar tulangan dalam kondisi tarik dihitung menurut *SNI 2847-03-2002 pasal 14.2* :

$$l_d = \frac{3 \cdot f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda}{5 \sqrt{f_c'}} \cdot d_b$$

$$\alpha = 1$$

$$\beta = 1$$

$$\lambda = 1$$

maka panjang penyaluran dasar tulangan adalah:

$$l_d = \frac{3 \cdot 410 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{5 \sqrt{41,5}} \cdot 25$$

$$= 954,665 \text{ mm}$$

dipakai panjang berkas 2000 mm.

e) Base Plate

Base plate digunakan sebagai penahan beton segar saat pengisian beton isian tiang. Base plate direncanakan menggunakan plat baja dengan tebal 10 mm.

Sedangkan untuk menahan base plate digunakan tulangan pengait yang menahan base plate pada tiang pancang.

Berat yang dipikul oleh base plate :

$$P = (A_{\text{dalam tiang}} \cdot t_p \cdot B_{J_{\text{baja}}}) + (A_{\text{dalam tiang}} \cdot B_{J_{\text{beton}}} \cdot L)$$

$$\begin{aligned}
 P &= (0,2619 \times 0,01 \times 7850) + (0,2619 \times 2400 \times 2) \\
 &= 1,278 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

- Perhitungan pengait base plat

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{P}{\sigma} = \frac{1,278 \times 10^4}{1600} \\
 &= 79,853 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan 4 buah pengait

$$A \text{ tiap pengait} = \frac{79,9}{4} = 19,963 \text{ mm}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 19,96}{3,14}} = 5,043 \text{ mm}$$

Dipasang pengait 4  $\phi 10 \text{ mm}$

As 314 > 79,853 mm<sup>2</sup> **OK**

*Tabel 5.3 Resume Panjang Penyaluran*

Jenis	Dia. Tiang	Tebal	Dia tulangan		Dia. Senggang		Pjg Penyaluran	Pengait Base Plate	
	mm	mm	mm		mm		mm		
Pile Cap	609,6	16	16	25	12	200	600	4	10
Mooring	609,6	16	20	25	12	200	600	4	10
Trestle	609,6	16	6	25	12	200	600	4	10

## 5.8 Perhitungan Kolom Virtual

$$\text{Data rencana : } - f_c' = 41,5 = 500 \text{ kg/cm}^2$$

$$- f_y \text{ ulir} = 410 \text{ Mpa}$$

$$- f_y \text{ polos} = 240 \text{ Mpa}$$

$$- \gamma \text{ beton} = 2,4 \text{ t/m}^3$$

$$- t_s = 50 \text{ mm}$$

$$- \phi = 0,65 \text{ (faktor reduksi)}$$

- Lu = 200 cm = 2 m
- Dimensi = 1000 mm x 1000 mm
- Rasio tulangan = 0,01 s/d 0,8 (diambil 0,01)

Pembebanan :

Beban mati

$$\text{Berat sendiri kolom} = 1 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 24 \text{ kN/m}^3 = 48$$

$$\text{Berat sendiri plat} = 1,2 \text{ m} \times 1,2 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 24 \text{ kN/m}^3 = 69,12$$

$$\text{Beban hidup dermaga} = 3 \text{ ton} = 30 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} U &= 1,2 \times (48 \text{ kN} + 69,12 \text{ kN}) + 1,6 \times 30 \text{ kN} \\ &= 188,544 \text{ kN} \end{aligned}$$

Perhitungan dimensi :

$$\begin{aligned} A_g &> \frac{Pu}{0,45 \times (f_c' + f_y \times \rho_t)} \\ &= \frac{18854,4 \text{ Kg}}{0,45 \times (500 + 4100 \times 0,01)} \\ &= 77 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{gr} &= 1000 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm} \\ &= 1000000 \text{ mm}^2 = 10000 \text{ cm}^2 > 77 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan tulangan

$$\begin{aligned} A_{st} &= \rho \times A_{gr} \\ &= 0,01 \times 10000 \\ &= 100 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan = 16 D29

$$A_{st} = 10562,96 \text{ mm}^2 > 10000 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

$$\begin{aligned} P_n &= 0,85 \times f_c' \times (A_{gr} - A_{st}) + f_y \times A_{st} \\ &= 0,85 \times 500 (10000 - 100) + 4100 \times 100 \\ &= 4617500 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi P_n \text{ max} &= 0,8 \times \phi P_n \\ &= 0,8 \times 0,65 \times 4617500 \\ &= 2401100 \text{ kN} > 188,544 \text{ kN} \end{aligned}$$

Panjang penyaluran

Direncanakan tulangan D29 menggunakan persamaan sbb :

$$l_d = \frac{3 f_y \times \alpha \times \beta \times \lambda}{5 \sqrt{f_c'}} \times db$$

$$\begin{aligned} l_d &= \frac{3 \times 410 \times 1 \times 1 \times 1}{5 \sqrt{41,5}} \times 29 \\ &= 1107,41 \text{ mm} \quad = 110,74 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka panjang penyaluran tulangan kondisi tarik adalah SNI 14.15-1

$$\begin{aligned} 1,3 \times l_d &= 1,3 \times 110,74 \\ &= 143,963 \text{ cm} \end{aligned}$$

## 5.9 Perencanaan Cat Walk

Pada sub ini akan diuraikan perencanaan dan penulangan Cat walk yang digunakan. Dengan data berikut:



Menggunakan Baja WF :

Memanjang 200.150.6.11

BJ 50 (fy 290 MPa, fu 500 MPa)

Table 5.4. Baja WF 200.150.6.11

Nominal Size	Section Dimensions (mm)					Area of Section (cm <sup>2</sup> )	Mass per Metre (kg/m)	Second Moment of Area (cm <sup>4</sup> )		Elastic Modulus (cm <sup>3</sup> )		Plastic Modulus (cm <sup>3</sup> )	
h x b	h	b	t <sub>w</sub>	t <sub>f</sub>	r			Axis y-y I <sub>y</sub>	Axis z-z I <sub>z</sub>	Axis y-y Wel. y	Axis z-z Wel. z	Axis y-y Wpl. y	Axis z-z Wpl. z
200 x 150	194	150	6	9	8	38.11	29.9	2,630	507	271	67.6	301	103

### 5.9.1 Pembebanan

Beban Mati/Berat Sendiri Tambahan

- Grating = 500 Kg/m

- Baja WF 200.150.6.11

= Perhitungan Otomatis Sap2000

### 5.9.2 Kontrol Penampang

A. Badan

$$\begin{aligned}
 h &= d - 2 \times (t_f + r) \\
 &= 200 - 2 \times (9 + 8) \\
 &= 166 \text{ mm} \\
 h &= \frac{h}{t_w} \leq \frac{1680}{\sqrt{f_y}} \\
 &= \frac{166}{6} \leq \frac{1680}{\sqrt{290}} \\
 &= 27,66 \leq 98,65 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

B. Sayap

$$\begin{aligned}
 &= \frac{bf}{2 \times t_f} \leq \frac{170}{\sqrt{f_y}} \\
 &= \frac{150}{18} \leq \frac{170}{\sqrt{290}} \\
 &= 8,3 \leq 9,98 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

### 5.9.3 Kontrol Tekuk Lateral

$$\begin{aligned}
 Mu &= 5,5 \times 10^8 \text{ N.mm (Output sap200)} \\
 Z_x &= 2728 \text{ cm}^3 = 2728 \times 10^3 \text{ mm}^3 \\
 Mp &= Z_x \times f_y \\
 &= 2728 \times 10^3 \text{ mm}^3 \times 240 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 7,9 \times 10^8 \text{ N.mm} \\
 \phi \times Mp &= 0,9 \times 7,9 \times 10^8 \text{ N.mm} \\
 &= 7,12 \times 10^8 \text{ N.mm} \\
 \phi \times Mp &\geq Mu (5,5 \times 10^8 \text{ N.mm}) \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

### 5.9.4 Kontrol Lendutan Terjadi

Lendutan Ijin ( $\delta$  ijin)  
 (Sesuai dengan SNI 03-1729-2002 pasal 6.4.3)

$$\frac{L}{360} \geq \text{Lendutan Terjadi (Sap2000)}$$

$$\frac{1830 \text{ cm}}{360} \geq 3,811 \text{ cm}$$

$$\delta \text{ ijin} = 5,03 \text{ cm} \geq 3,811 \text{ (OK)}$$

## 5.10 Perhitungan Daya Dukung Struktur Bawah

### 5.10.1 Konstanta Pegas

Konstanta pegas (spring constant) merupakan gaya dalam arah horizontal (sumbu x, sumbu y) yang menimbulkan pergeseran (displacement) sebesar satu satuan ton dalam arah vertical setiap 1 meternya pada badan tiang yang masuk kedalam tanah.

$$E_o = 28 \times N \text{ (nilai n-spt)}$$

$$= 28 \times 31,5 = 882 \text{ kN/cm}^2$$

$$K_o = 0,2 \times E_o \times D^{-0,75}$$

$$= 5,58 \text{ kg/cm}^3 \quad (D = 0,6 \text{ m})$$

$$k = K_o \times y^{-0,5} \quad (y = 1,0 \text{ cm})$$

$$= 5,58 \text{ kg/cm}^3$$

$$kV = K_o \times A$$

$$= 3193860 \text{ t/m}$$

$$K_x = k_y = k \times D \times dz$$

$$= 1757151 \text{ kg/cm}$$

$$= 175715 \text{ t/m}$$

*Tabel 5.4 Resume Perhitungan Spring constant*

Kedalaman (m)	N-SPT	Eo =	D = 1,00m	D = 1,00m y = 1,00cm	D = 1,00m	D = 1,00m	D = 1,00m
		28	(Subgrade reaction) ko = 0,2 . Eo.D <sup>-0,75</sup>	k = ko.y <sup>-0,5</sup>	kV = ko * A	(Spring Constant) kx=ky= k D.dz	lx=ky
		kN/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>3</sup>	kg/cm <sup>3</sup>	t/m	kg/cm	t/m
0	0	0	0,00	0,00	0,00	0	0
1	0	0	0,00	0,00	0,00	0	0
2	1	28	0,18	0,18	556,34	1770,88	177,09
3	1	28	0,18	0,18	1251,76	1770,88	177,09
4	1	28	0,18	0,18	2225,35	1770,88	177,09
5	5	140	0,89	0,89	17385,53	44271,89	4427,19
6	9	252	1,59	1,59	45063,29	143440,91	14344,09
7	10,5	294	1,86	1,86	71558,84	195239,02	19523,90
8	12	336	2,13	2,13	106816,69	255006,07	25500,61
9	12,5	350	2,21	2,21	140822,79	276699,30	27669,93
10	13	364	2,30	2,30	180809,51	299277,96	29927,80
11	13,5	378	2,39	2,39	227194,10	322742,06	32274,21
12	14	392	2,48	2,48	280393,82	347091,60	34709,16
13	15,5	434	2,74	2,74	364331,16	425452,84	42545,28
14	17	476	3,01	3,01	463428,67	511783,02	51178,30
15	17	476	3,01	3,01	531997,20	511783,02	51178,30
16	17	476	3,01	3,01	605294,59	511783,02	51178,30
17	18	504	3,19	3,19	723516,19	573763,66	57376,37
18	19	532	3,36	3,36	856202,56	639286,05	63928,61
19	22	616	3,90	3,90	1104607,00	857103,74	85710,37
21	25	700	4,43	4,43	1533403,70	1106797,18	110679,72
22	25	700	4,43	4,43	1682919,25	1106797,18	110679,72
23	26,5	742	4,69	4,69	1949752,36	1243597,31	124359,73
24	28	784	4,96	4,96	2243150,55	1388366,38	138836,64
25	29,5	826	5,22	5,22	2564365,60	1541104,39	154110,44
26	31	868	5,49	5,49	2914649,24	1701811,35	170181,13
27	31,5	882	5,58	5,58	3193860,85	1757151,20	175715,12

## **5.11 Metode Pelaksanaan**

### **5.11.1 Uraian Pelaksanaan Pemancangan Tiang Pancang**

#### **1. Pengangkatan Tiang Pancang ke Lokasi**

Pengangkatan dilakukan dengan menggunakan 2 crane. Crane pertama (di darat) membawa tiang pancang ke lokasi dan crane kedua (di laut) bertugas untuk memancang tiang pancang yang sudah di tentukan lokasinya.

#### **2. Pemancangan Lower Section**

Pemancangan tiang pancang pada lokasi laut menggunakan crane yang berada di atas kapal ponton. Kapal ponton ditarik ke lokasi oleh tug boat.



*Gambar 5.20 Crane memancang tiang pancang lower section*

### 3. Pengelasan Sambungan

Setelah lower section sudah terpancang sesuai rencana kedalaman, dilakukan pengelasan antara tiang pancang lower section dengan tiang pancang upper section agar kedua tiang pancang bersatu.



*Gambar 5.21 Pengelasan*

### 4. Pembersihan dan Coating Sambungan

Pembersihan sisa pengelasan dilakukan setelah proses pengelasan selesai, lalu dilakukanlah coating (pemberian cat anti air). Coating dilakukan agar tidak terjadi korosi akibat air laut pada tiang pancang yang sudah disatukan.

## 5. Kalendering

Setelah proses pemancangan selesai, dilakukanlah kalendering yang berguna untuk memperoleh jumlah pukulan dan grafik yang akhirnya menghitung daya dukung tanah.



*Gambar 5.22 Sedang dilakukannya kalendering*

## 6. Pemotongan Pancang

Pemotongan tiang pancang dilakukan setelah tiang pancang sudah mencapai kedalaman yang direncanakan. Pemotongan dilakukan dengan 2 pekerja yang menggunakan palu dan baja yang dipotong/pukul secara manual.

## 7. Pengangkatan Potongan Tiang Pancang

Sebelum tiang pancang terpotong semua, pancang diikat ke crane yang berada di darat. Setelah diikat, pemotongan dilanjutkan sampai terpotong seluruhnya lalu dibawa ke daratan. Bekas potongan tiang pancang dirapikan/dibersihkan.

## **8. Mengatasi Korosi Tiang Pancang Baja dalam air**

Salah satu cara penanggulangan korosi pada tiang pancang pipa baja, khususnya untuk bagian yang berada di lingkungan air dan atau tanah, adalah dengan proteksi katodik anoda korban. Cara ini dilakukan karena cara lain yang umum dilakukan pada penanggulangan korosi, yaitu dengan cara pengecatan, relatif sulit dilakukan di dalam media air atau tanah.

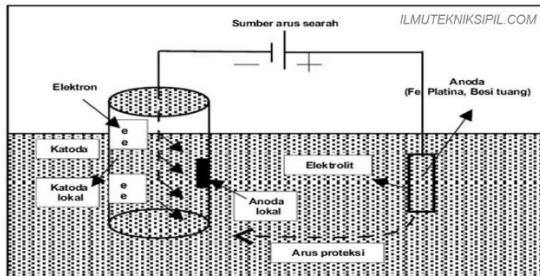
Proteksi katodik anoda korban adalah suatu teknik penanggulangan korosi dengan cara menghubungkan logam yang akan diproteksi dengan logam lain yang dikorbankan (anoda seng, magnesium, dan alumunium) dalam media elektrolit sehingga membentuk suatu sel listrik.

Korosi tiang pancang pipa baja adalah menurunnya mutu tiang pancang pipa baja akibat bereaksi dengan lingkungan secara elektrokimia. Korosi akan terjadi apabila terdapat anoda, katoda, elektrolit, dan hubungan listrik antara anoda dan katoda. Pada tiang pancang pipa baja, anoda dan katoda dapat terbentuk akibat mutu baja yang tidak seragam atau lingkungan yang menyebabkan terjadinya perbedaan potensial. Apabila pada anoda dan katoda ini terdapat hubungan listrik (kontak satu sama lain) dan keduanya berada pada lingkungan air atau tanah yang bersifat elektrolit dan memiliki tahanan jenis yang rendah, maka akan terjadi proses korosi dimana bagian baja yang berfungsi sebagai anoda akan rusak dan membentuk karat.

Pada prinsipnya, proteksi katodik terbagi dalam dua cara, yaitu :

1. Metoda arus terpasang (impressed current) yaitu pasokan elektron dilakukan dengan cara

menghubungkan tiang pancang pipa baja dengan katoda pada suatu sumber listrik. Metoda ini menggunakan sumber arus searah dari luar, misalnya Transformer Rectifier, DC Generator, dan lain-lain. Rangkaian dari sistem ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

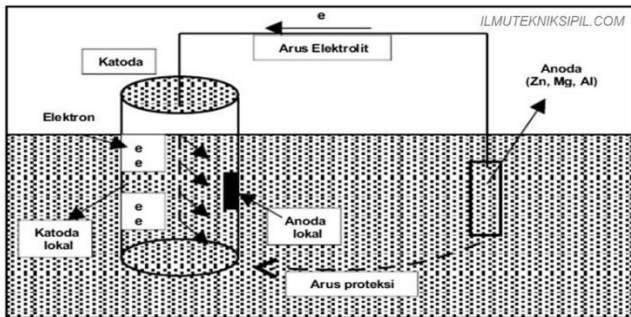


*Gambar 5.23 Metoda arus terpasang*

Arus listrik pada sistem ini dialirkan ke permukaan logam yang diproteksi melalui anoda pembantu, misalnya Anoda Graphite, Baja, Platina, dan Besi uang. Keuntungan besar dari metoda arus terpasang adalah sistem ini dapat menggunakan anoda inert atau anoda yang tahan karat seperti platina dan karbon.

2. Metoda anoda korban (sacrificial anoda) yaitu pasokan elektron dilakukan dengan cara menghubungkan tiang pancang pipa baja dengan logam lain sebagai anoda korban yang memiliki potensial lebih rendah. Pada cara ini terjadi aliran elektron dari logam dengan potensial yang lebih rendah ke tiang pancang pipa baja yang potensialnya lebih tinggi. Gambar dibawah ini menunjukkan rangkaian dari proses sistem ini .





Gambar 5.24 Metoda Anoda

## BAB VI PENUTUP

### 6.1. Kesimpulan

Dari modifikasi desain struktur dermaga peti kemas, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- a. Dengan bobot kapal rencana 5000 DWT dengan panjang 175 m total lebar 23,5 m, tinggi apron +3.98 mLWS
- b. Moring dengan tebal plat 2 m dengan panjang x lebar adalah 3,4 m terdapat 9 buah tiang pancang baja
- c. Dimensi plat dermaga (plat beton) ditetapkan menggunakan ketebalan 35 cm. Dimensi balok ditetapkan sebagai berikut:

*Tabel 6.1. Dimensi Balok Dermaga*

No	Tipe Balok	Dimensi		Lokasi
		h (cm)	b (cm)	
1	B1. Balok Melintang	90	60	Dermaga
2	B2. Balok Memanjang	90	60	Dermaga
3	B3. Balok Tepi	50	30	Dermaga
4	B4. Balok Crane	100	60	Dermaga
5	B5. Balok Lisplank	100	40	Dermaga
6	B6. Balok Fender	300	100	Dermaga
7	B6. Balok Fender	80	50	Trestle

d. Dimensi pile cap (poer) ditetapkan sebagai berikut:

*Tabel 6.2. Dimensi Pilecap Dermaga*

Type	Dimensi	Jumlah Tiang	Ket	Lokasi
A	1100 x 1100 x 1200	1	T. Tegak	Dermaga
B	2100 x 1100 x 1200	2	T. Miring	Dermaga
C	1100 x 1100 x 1000	1	T. Tegak	Trestle

e. Direncanakan menggunakan tiang pancang pipa baja dengan diameter 609,6 mm dengan ketebalan ( $t = 16$  mm)

f. Dari analisa pembebanan diperoleh data sebagai berikut:

*Tabel 6.3. Pembebanan pada Dermaga*

Jenis Beban	Nilai	Keterangan
Beban mati		
Fender	0,315 kN	DA-A300H
Lantai	8,75 kN/m <sup>2</sup>	-
Air hujan	0,49 kN/m <sup>2</sup>	-
Beban hidup		
Pangkalan	30 kN/m <sup>2</sup>	-
Truk	1,46 kN/m <sup>2</sup>	Truk 50 ton
Crane	18,65 Ton	Jib Portal BP1025
Beban Horizontal		
Berthing	30 Tm	-

Mooring	23,51 Ton	Ditahan oleh 4 bouldard dianalisa pada dua kondisi, yaitu kapal penuh dan kosong
Gempa		Scale factor 9,8
		Tanah Sedang
		zona 3

- g. Dari analisa struktur diperoleh penulangan elemen-elemen struktur yang diuraikan pada tabel berikut:

*Tabel 6.4. Penulangan Plat Lantai*

Resume	Lokasi	x	y
Plat 350 Dermaga	Tumpuan	16 - 200	16 - 200
	Lapangan	16 - 100	16 - 150

*Tabel 6.5. Penulangan Balok Dermaga*

TYPE	BALOK MELINTANG		TYPE	BALOK MEMANJANG	
DIMENSI	600 X 900		DIMENSI	600 X 900	
DAERAH	TUMPUAN	LAPANGAN	DAERAH	TUMPUAN	LAPANGAN
TUL. LENTUR ATAS	8 D22	4 D22	TUL. LENTUR ATAS	10 D22	6 D22
TUL. LENTUR BAWAH	8 D22	6 D22	TUL. LENTUR BAWAH	10 D22	8 D22
TUL. PUNTIR	2X3 D19	2X3 D19	TUL. PUNTIR	2X3 D19	2X3 D19
TUL. GESER	4 D13 - 100	4 D13 - 150	TUL. GESER	4 D13 - 100	4 D13 - 150

TYPE	BALOK TEPI		TYPE	BALOK CRANE	
DIMENSI	300 X 500		DIMENSI	600 X 1000	
DAERAH	TUMPUAN	LAPANGAN	DAERAH	TUMPUAN	LAPANGAN
TUL. LENTUR ATAS	2 D19	2 D19	TUL. LENTUR ATAS	2 D19	6 D19
TUL. LENTUR BAWAH	2 D19	2 D19	TUL. LENTUR BAWAH	2 D19	6 D19
TUL. PUNTIR	2X1 D19	2X1 D19	TUL. PUNTIR	2X3 D19	2X3 D19
TUL. GESER	2 D13 - 100	2 D13 - 100	TUL. GESER	4 D13 - 150	4 D13 - 150

TYPE	BALOK LSIPLANK		TYPE	BALOK FENDER	
DIMENSI	400 X 1000		DIMENSI	1000 X 3000	
DAERAH	TUMPUAN	LAPANGAN	DAERAH	TUMPUAN	LAPANGAN
TUL. LENTUR ATAS	4 D22	6 D22	TUL. LENTUR ATAS	6 D22	6 D22
TUL. LENTUR BAWAH	6 D22	6 D22	TUL. LENTUR BAWAH	6 D22	6 D22
TUL. PUNTIR	2X2 D22	2X2 D22	TUL. PUNTIR	2X14 D22	2X14 D22
TUL. GESER	2 D13 - 100	2 D13 - 100	TUL. GESER	6 D13 - 100	6 D13 - 100

Tabel 6.6. Penulangan Pilecap

TIPE	STEEL PIPE PILE	UKURAN PILE CAP (mm)			KONTROL GESER	TULANGAN		KONTROL
	(mm)	bx	by	h	POND	ARAH X	ARAH Y	$\phi M_n > M_u$
A TEGAK	609,6	1200	1200	1200	OK	25 - 100	25 - 100	OK
B MIRING		2100	1200	1200	OK	25 - 100	25 - 100	OK
C TRESTLE		1100	1100	1000	OK	25 - 150	25 - 150	OK

- h. Struktur atas ditumpu oleh tiang pancang pipa baja. Berikut disajikan resume daya dukung tiang pancang baja.

Tabel 6.7 Resume daya dukung tiang

Kedalaman (m)	N-SPT	Eo =	D = 1,00m	D = 1,00m y = 1,00cm	D = 1,00m	D = 1,00m	D = 1,00m
		28	(Subgrade reaction) $k_o = 0,2 \cdot E_o \cdot D^{-0,75}$	$k = k_o \cdot y^{-0,5}$	$kV = k_o \cdot A$	(Spring Constant) $kx=ky = k \cdot D \cdot dz$	$kx=ky$
		kN/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>3</sup>	kg/cm <sup>3</sup>	t/m	kg/cm	t/m
0	0	0	0,00	0,00	0,00	0	0
1	0	0	0,00	0,00	0,00	0	0
2	1	28	0,18	0,18	556,34	1770,88	177,09
3	1	28	0,18	0,18	1251,76	1770,88	177,09
4	1	28	0,18	0,18	2225,35	1770,88	177,09
5	5	140	0,89	0,89	17385,53	44271,89	4427,19
6	9	252	1,59	1,59	45063,29	143440,91	14344,09
7	10,5	294	1,86	1,86	71558,84	195239,02	19523,90
8	12	336	2,13	2,13	106816,69	255006,07	25500,61
9	12,5	350	2,21	2,21	140822,79	276699,30	27669,93
10	13	364	2,30	2,30	180809,51	299277,96	29927,80
11	13,5	378	2,39	2,39	227194,10	322742,06	32274,21
12	14	392	2,48	2,48	280393,82	347091,60	34709,16
13	15,5	434	2,74	2,74	364331,16	425452,84	42545,28
14	17	476	3,01	3,01	463428,67	511783,02	51178,30
15	17	476	3,01	3,01	531997,20	511783,02	51178,30
16	17	476	3,01	3,01	605294,59	511783,02	51178,30
17	18	504	3,19	3,19	723516,19	573763,66	57376,37
18	19	532	3,36	3,36	856202,56	639286,05	63928,61
19	22	616	3,90	3,90	1104607,00	857103,74	85710,37
21	25	700	4,43	4,43	1533403,70	1106797,18	110679,72
22	25	700	4,43	4,43	1682919,25	1106797,18	110679,72
23	26,5	742	4,69	4,69	1949752,36	1243597,31	124359,73
24	28	784	4,96	4,96	2243150,55	1388366,38	138836,64
25	29,5	826	5,22	5,22	2564365,60	1541104,39	154110,44
26	31	868	5,49	5,49	2914649,24	1701811,35	170181,13
27	31,5	882	5,58	5,58	3193860,85	1757151,20	175715,12

## **6.2. SARAN**

Dalam pencarian data TA penulis, data yang didapatkan masih kurang lengkap seperti data angin, arus, dan gelombang. Sehingga sebelum mengambil judul di Tugas Akhir ini dianjurkan mendapatkan semua data-data dengan lengkap sesuai yang diperlukan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Untuk fender disarankan untuk menghimbau kemiringan kapal pada saat terkena gelombang, dan menggunakan fender yang pendek dan tebal. Untuk perhitungan kolom virtual diumpamakan sebagai sendi dan hanya menerima beban aksial saja.

***“HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN”***

## DAFTAR PUSTAKA

Sosrodarsono, S., Nakazawa, K 2000. **Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi**. Jakarta: PT Pradnya Paramita

**Peraturan Beton Bertulang Indonesia**, 1971. Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan Gedung

**Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan (BMS jilid 1)**, 1992. Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Direktorat Bina Program Jalan

**Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung**, 1983. Departemen Pekerjaan Umum, Ditjen Cipta Karya Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan Gedung

Panitia Teknik Konstruksi dan Bangunan. 2002. **Tata Cara perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung** (SK SNI 03-2847-2002). Jakarta : Badan Standarisasi Nasional (BSN)

**Standard Design Criteria fo Port in Indonesia, 1984**. Maritime Development Programme Directorate General of Sea Commonications, Jakarta

**Technical Standards For Port and Harbour Facilities in Japan**, Beureau of Ports and Harbours, Ministry of Transport

**Perancangan Jembatan Terhadap Beban Gempa** (SNI 2833 2013)



## BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama Yudhistira Muharram Agathakarien. Lahir di Surabaya pada 19 Mei 1996, merupakan anak tunggal. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Baratajaya Surabaya, SMPN 12 Surabaya dan SMA IPIEMS. Setelah lulus dari SMA IPIEMS tahun 2014, penulis mengikuti ujian masuk Diploma 3 ITS dan diterima di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil pada tahun 2014 dan terdaftar dengan NRP 3114 030 112. Di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil ini penulis mengambil bidang studi Bangunan Transportasi. Penulis pernah aktif dalam beberapa kegiatan organisasi kampus yaitu JMAA. Penulis pernah aktif dalam beberapa kepanitaan yang ada selama menjadi mahasiswa di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

### *More Information :*



yudhis527@gmail.com

yudhistira14@mhs.ce.its.ac.id

## BIODATA PENULIS



Muhammad Prio Ambodo dilahirkan dari keluarga asli *Javanese-Osingnese* di Kota Gresik, pada tanggal 16 Jumaddil Akhir 1917 H. Merupakan panggulu dari tiga bersaudara. Pendidikan formal terakhir mengambil di Diploma 3 Teknik Sipil FTSP-ITS. Ditahun ke-2nya, Penulis mulai menekuni konsentrasi Bangunan Transportasi. Pernah Kerja Praktek di

PT.Gresik Jasatama proyek pembangunan Dermaga curah kering, Gresik, bekerja sebagai konsultan supervisi di proyek pembangunan Dermaga V PT. Gresik Jasatama dan juga pernah berkontribusi aktif di UKM Cinta Rebana ITS, Sebagai Kadept Dalam Negeri Periode 2016/2017, Serta Lembaga Dakwah Jurusan Jama'ah Masjid Al-Azhar (JMAA) ITS, Sebagai Kadept Peringatan Hari Besar Islam Periode 2015/2016. Melawan ketidakungkinan, *antimainstream*, berbagi, aplikatif, berjuang dan menghasilkan lebih adalah beberapa dari sekian banyak moto saya. *“Nothing impossible to get if you always make communication well with the only one God, Allah S.W.T”*

### **More Information :**



[mprioambodo@gmail.com](mailto:mprioambodo@gmail.com)

[m.prio.ambodo14@mhs.ce.its.ac.id](mailto:m.prio.ambodo14@mhs.ce.its.ac.id)



085731710408

PENULANGAN PLAT DERMAGA

Tebal plat	350	mm
Cover	50	mm
fc'	29,05	Mpa
fy	410	MPa
D tulangan	16	mm
dx	292	mm
dy	276	mm
φ	0,8	
β1	0,857	

Arah	Mu	Mu	Mn	Rn	m	ρ min	ρb	ρ max	ρ perlu	ρ pakai	As	Aφ	S max	S pakai	As pakai	Kontrol	Tulangan	
	tm	Nmm	Nmm								mm2	mm2	mm	mm	mm2		D	Jarak
Mtx	6,63	6,628E+07	8,285E+07	0,97	16,60	0,0034	0,0307	0,0230	0,0024	0,0024	706,21	201,06	284,71	75	1005,31	OK	16	200
Mlx	15,52	1,552E+08	1,940E+08	2,28	16,60	0,0034	0,0307	0,0230	0,0058	0,0058	1702,78	201,06	118,08	75	2010,619	OK	16	100
Mty	1,85	1,846E+07	2,308E+07	0,30	16,60	0,0034	0,0307	0,0230	0,0007	0,0007	205,18	201,06	979,92	75	1005,31	OK	16	200
Mly	9,24	9,238E+07	1,155E+08	1,52	16,60	0,0034	0,0307	0,0230	0,0038	0,0038	1053,87	201,06	190,79	75	1340,413	OK	16	150

$\rho \text{ min} < \rho \text{ pakai} < \rho \text{ max}$

MOMEN TERJADI (OUTPUT SAP2000)			
Mtx	-6628	Kg.m	Tumpuan
Mlx	15519	Kg.m	Lapangan
Mty	-1846	Kg.m	Tumpuan
Mly	9238	Kg.m	Lapangan



Mtx			
CEK KEMAMPUAN NOMINAL			
T=	Ast.fy =	412177	N
a=	T/(0.85*FC'*B)	16,6924	mm
φ mn =	φ*Tx(d-a/2)	9,4E+07	Nmm
φ mn>	Mu terjadi	OK	

Mty			
CEK KEMAMPUAN NOMINAL			
T=	Ast.fy =	412177	N
a=	T/(0.85*FC'*B)	16,69239	mm
φ mn =	φ*Tx(d-a/2)	88256584	Nmm
φ mn>	Mu terjadi	OK	

Mlx			
CEK KEMAMPUAN NOMINAL			
T=	Ast.fy =	824354	N
a=	T/(0.85*FC'*B)	33,3848	mm
φ mn =	φ*Tx(d-a/2)	1,8E+08	Nmm
φ mn>	Mu terjadi	OK	

Mly			
CEK KEMAMPUAN NOMINAL			
T=	Ast.fy =	549569,3	N
a=	T/(0.85*FC'*B)	22,25653	mm
φ mn =	φ*Tx(d-a/2)	1,16E+08	Nmm
φ mn>	Mu terjadi	OK	

LENTUR

[illegible]

Dimensi	Tipe Balok	Lokasi	d (mm)	Mu	Mn	Rn	ρ perlu	Digunakan	As (tarik)	D tul	Jumlah	Jumlah	As Pakai	Kontrol Kekuatan Nominal			CeK
				Nmm	Nmm				mm2				mm2	T	a	$\phi M_n$	
B = 600	Balok Melintang Dermaga	Tumpuan	804,5	1279010000	1598762500	4,1169975	0,0111	p perlu	5337,717067	22	14,0488421	16	6079,04	2492406,4	168,4616123	1436162839	OK
H= 900	600 x 900 mm	Lapangan	804,5	604825900	756032375	1,9468704	0,0050	p perlu	2390,50512	22	6,291796388	8	3039,52	1246203,2	84,23080615	760068899,5	OK
B = 600	Balok Memanjang Dermaga	Tumpuan	804,5	1612285000	2015356250	5,1897744	0,0144	p perlu	6939,387349	22	18,26442951	20	7598,8	3115508	210,5770154	1742719198	OK
H= 900	600 x 900 mm	Lapangan	804,5	511967000	639958750	1,6479675	0,0042	p perlu	2009,745431	22	5,289638973	12	4559,28	1869304,8	126,3462092	1108612739	OK
B = 300	Balok Tepi Dermaga	Tumpuan	404,5	106731000	133413750	0,905985	0,0023	p perlu	819,7959324	19	2,892698885	1	1133,54	464751,4	20,94168114	146500482,8	OK
H= 500	300 x 500	Lapangan	404,5	36708000	45885000	0,9347865	0,0023	p perlu	282,127019	19	0,995560877	2	566,77	23275,7	31,41252171	72276973,83	OK
B = 600	Balok Crane	Tumpuan	904,5	685193000	856491250	1,7448357	0,0044	p perlu	2397,629253	19	8,460678063	10	2833,85	1161878,5	78,53130428	804237749	OK
H= 1000	600 x 1000	Lapangan	904,5	134572000	168215000	0,342686	0,0008	p perlu	456,7956881	19	1,611926136	2	566,77	232375,7	15,70626086	166687155,2	OK
B = 400	Balok Liplank	Tumpuan	907,5	736258000	9203225000	2,7937451	0,0073	p perlu	2632,160344	22	6,927831615	8	3039,52	1246203,2	126,3462092	841762303,1	OK
H= 1000	400 x 1000	Lapangan	907,5	906301000	1132876250	3,4389765	0,0091	p perlu	3293,12051	22	8,667475154	10	3799,4	1557754	157,9327615	1032521248	OK
B = 1000	Balok Fender	Tumpuan	2907,5	3351120000	4188900000	0,4955193	0,0012	p perlu	3538,990506	22	9,314603638	10	3799,4	1557754	63,17310461	3583972541	OK
H= 3000	1000 x 3000	Lapangan	2907,5	3660280000	4575350000	0,5412338	0,0013	p perlu	3868,04813	22	10,18067277	12	4559,28	1869304,8	75,8072553	4291319867	OK

	Momen (m)	Geser (Vu)	Axial (Pu)	Puntir (Tu)
	Tonf-m	Tonf	Kgf	Kgf-m
Balok Melintang				
Tumpuan	127,901	45,4677	14420,4	6485,5
Lapangan	60,48259	18,6304		
Balok Memanjang				
Tumpuan	161,2285	60,1795	9546,1	5652,5
Lapangan	51,1967	32,4603		
Balok Tepi				
Tumpuan	10,6731	11,3116	6514	1556
Lapangan	3,6708	10,8462		
Balok Crane				
Tumpuan	68,5193	36,6112	4655,8	3292,8
Lapangan	13,4572	24,0987		
Balok Lisplank				
Tumpuan	73,6258	14,2314	3401,1	2244,33
Lapangan	90,6301	6,1813		
Balok Fender				
Tumpuan	335,112	63,8242	5261	31281,5
Lapangan	366,028	40,1513		

Dimensi	Tipe Balok	Lokasi	Tulangan Bagian Tarik		As Pakai mm <sup>2</sup>	ρ	Kontrol Kekuatan Nominal			Perlu T.Tekan	M <sub>u</sub> Butuh Tekan	Tulangan Bagian Tekan		(((0,85*fc*β <sub>1</sub> *d <sup>3</sup> )/ Fy*d) <sup>3</sup> *(600/600-ly))	Kontrol Kelelahan Tulangan Tekan	As (tekan) mm <sup>2</sup>	ρ'	As Pakai mm <sup>2</sup>	Kontrol As'	As Total mm <sup>2</sup>	Kontrol Kekuatan Nominal			CeK
			D tulangan	Jumlah			T	a	φMn			D tulangan	Jumlah								T	a	φMn	
B = 600	Balok Melintang Dermaga 600 x 900 mm	Tumpuan	22	8	3039,52	0,0063	1246203,2	84,23080615	760068899,5	OK	838693600,5	22	8	0,014177486	OK	2785,015858	0,0058	3039,52	OK	6079,04	2492406,4	168,4616123	1436162839	OK
H = 900		Lapangan	22	10	2279,64	0,0031	934652,4	63,17310461	577924327,1	OK	178108047,9	22	4	0,014177486	OK	591,4361782	0,0012	1519,76	OK	3799,4	1557754	105,2885077	936965036,8	OK
B = 600	Balok Memanjang Dermaga 600 x 900 mm	Tumpuan	22	10	3799,4	0,0079	1557754	105,2885077	936965036,8	OK	1078391213	22	10	0,014177486	OK	3580,970008	0,0074	3799,4	OK	7598,8	3115508	210,5770154	1742719198	OK
H = 900		Lapangan	22	8	3039,52	0,0042	1246203,2	84,23080615	760068899,5	NOT	-120110149,5	22	6	0,014177486	OK	-398,8449068	-0,0008	2279,64	OK	5319,16	2180855,6	147,4039108	1275012006	OK
B = 300	Balok Tepi Dermaga 300 x 500	Tumpuan	19	2	566,77	0,0047	232375,7	31,41252171	72276973,83	OK	61136776,17	2	2	0,02819725	NOT	203,0144155	0,0008	566,77	OK	1133,54	464751,4	31,41252171	144553947,7	OK
H = 500		Lapangan	19	2	566,77	0,0028	232375,7	31,41252171	72276973,83	NOT	-26391973,83	19	2	0,02819725	NOT	-87,63875818	-0,0004	566,77	OK	1133,54	464751,4	31,41252171	144553947,7	OK
B = 600	Balok Crane 600 x 1000	Tumpuan	19	6	1700,31	0,0031	697127,1	47,11878257	491302057,5	OK	365189192,5	19	6	0,012610047	OK	1212,668955	0,0022	1700,31	OK	3400,62	1394254,2	94,23756514	956325890,7	OK
H = 1000		Lapangan	19	2	566,77	0,0006	232375,7	15,70626086	166687155,2	NOT	1527844,824	19	2	0,012610047	OK	5,073452405	0,0000	566,77	OK	1133,54	464751,4	31,41252171	330454507,7	OK
B = 400	Balok Lissplank 400 x 1000	Tumpuan	22	6	2279,64	0,0063	934652,4	94,75965691	643130706,1	OK	277191793,9	22	4	0,012568361	OK	920,4595599	0,0025	1519,76	OK	3799,4	1557754	105,2885077	1065323966	OK
H = 1000		Lapangan	22	6	2279,64	0,0025	934652,4	94,75965691	643130706,1	OK	489745543,9	22	6	0,012568361	OK	1626,278185	0,0045	2279,64	OK	4559,28	1869304,8	126,3462092	1262643455	OK
B = 1000	Balok Fender 1000 x 3000	Tumpuan	22	6	2279,64	0,0008	934652,4	37,90386277	2159830708	OK	2029069292	22	6	0,003922885	OK	1744,123169	0,0006	2279,64	OK	4559,28	1869304,8	75,80772553	4291319867	OK
H = 3000		Lapangan	22	6	2279,64	0,0026	934652,4	37,90386277	2159830708	OK	2415151929,2	22	6	0,003922885	OK	2076,303249	0,0007	2279,64	OK	4559,28	1869304,8	75,80772553	4291319867	OK

KONTROL KELELEHAN TULANGAN TEKAN			Dengan Demikian, tulangan tekan telah leleh : f's = fy			Total Luas Tulangan			4082095,05
$\rho - \rho'$	=	0,5 * pb	Karena Mn2 =	A's * fy * (d - d')	Maka, A's Dapat Diperoleh :	As =	As' + A's		
$\rho - \rho'$	≥	$\frac{0,85 * f_c * \beta_1 * d'}{F_y * d}$	600	838693600,5	=	301145 * A's	=	5824,53588	
$\rho - \rho'$	≥	$\frac{1480,851422}{329845}$	600	A's	=	2785,0159 mm2	Untuk Tulangan Tekan di gunakan		
			600 - 400				D 22		
							Jumlah 8		
$\rho - \rho'$	≥	0,013468612				As Pakai =	3039,52		
$\rho - \rho'$	=	0,0153	≥	0,013468612		As Pakai >	2785,015858		
		KONTROL	OK			KONTROL	OK		
Kontrol Kelelehan Tulangan Tekan Desain Akhir						*(satuan As = mm2)			

$\rho = \frac{As(tarik)}{b.d}$ $= 0,006297$	$\rho - \rho' =$ <table><tr><td>0,0135</td><td>&lt;</td><td>0,75*pb</td></tr><tr><td>0,0153</td><td>&lt;</td><td>0,022989034</td></tr><tr><td colspan="3">KONTROL OK</td></tr></table>	0,0135	<	0,75*pb	0,0153	<	0,022989034	KONTROL OK		
0,0135	<	0,75*pb								
0,0153	<	0,022989034								
KONTROL OK										
$\rho' = \frac{As(tekan)}{b.d}$ $= 0,00577$	$\rho - \rho' =$ <table><tr><td>&gt;</td><td>0,013468612</td></tr><tr><td colspan="2">KONTROL OK</td></tr></table>	>	0,013468612	KONTROL OK						
>	0,013468612									
KONTROL OK										

TORSI

Kuat Tekan Beton  $f_c'$  = 29,01 Mpa 41,5 Mpa  
Tegangan Leleh Tulangan Utama Lentur  $f_y$  = 400 Mpa  
Faktor Distribusi Tegangan Beton  $\phi$  = 0,85792  
Faktor Reduksi Kekuatan Lentur  $\phi$  = 0,75  
Mutu Baja BJ-55  $f_y$  = 410 Mpa

Rencana D tul = 19 283,385 m = 16,62712655 1097,270023  
geser = 13

Dimensi			Tipe Balok	d (mm)	Acp	Pcp	Aoh	Ao	Ph	Tu	Digunakan	Tn	Kontrol Kemampuan Penampang			Cek	Tul. Tambahan	Cek	Tul. Tambahan Longitudinal			Tulangan Bagian Badan		As Pakai	Cek
					mm2	mm	mm2	mm3	mm	Nmm		mm2		<			Transv. (Al/s)		Al (mm2)	Al min (mm2)	Al Pakai	D tulangan	Jumlah		
487	B =	600	Balok Melintang Dermaga 600 x 900 mm	827,5	540000	3000	371094	315429,9	2498	64855000	PERLU	86473333,33	1,147831456	<	3,366308252	CUKUP BESAR	0,342680471	OK	835,1373818	2194,540045	2194,540045	19	6	1700,31	OK
762	H=	900																							
487	B =	600	Balok Memanjang Dermaga 600 x 900 mm	827,5	540000	3000	371094	315429,9	2498	56525000	PERLU	75366666,67	1,353846114	<	3,366308252	CUKUP BESAR	0,298666465	OK	727,87203	2301,805397	2301,805397	19	6	1700,31	OK
762	H=	900																							
187	B =	300	Balok Tepi Dermaga 300 x 500	427,5	150000	1600	67694	57539,9	1098	15560000	PERLU	20746666,67	2,363831266	<	3,366308252	CUKUP BESAR	0,450701745	OK	482,8005034	358,7765597	482,8005034	19	2	566,77	OK
362	H=	500																							
500	B =	600	Balok Crane 600 x 1000	927,5	600000	3200	431000	366350	2724	32928000	ABAIKAN	43904000	0,284033127	<	3,366308252	CUKUP BESAR	0,149802102	NOT	398,1082198	2968,200033	2968,200033	19	6	1700,31	OK
862	H=	1000																							
287	B =	400	Balok Lislplank 400 x 1000	927,5	400000	2800	248829	211504,65	2308	22443300	PERLU	29924400	0,492120673	<	3,366308252	CUKUP BESAR	0,176854268	OK	398,2240487	1845,981453	1845,981453	22	4	1519,76	OK
867	H=	1000																							
887	B =	1000	Balok Fender 1000 x 3000	2927,5	3000000	8000	2543029	2161574,7	7508	312815000	ABAIKAN	417086666,7	0,305234936	<	4,026280852	CUKUP BESAR	0,241193767	NOT	1766,714932	18364,68933	18364,68933	22	28	10638,32	OK
2867	H=	3000																							

GESER

Kuat Tekan Beton  $f_c'$  = 29,01 Mpa 41,5 Mpa  
Tegangan Leleh Tulangan Utama Lentur  $f_y$  = 400 Mpa  
Faktor Distribusi Tegangan Beton  $\phi$  = 0,85792 0,758  
Faktor Reduksi Kekuatan Lentur  $\phi$  = 0,75  
Mutu Baja BJ-55  $f_y$  = 410 Mpa  
 $\rho$  min = 0,003414634 Rencana D tul = 19 283,385 m = 16,62712655 11,62296244  
 $\rho$  maks = 0,022989034 0,032886761 geser = 13  
 $\rho$  b = 0,030652046 0,043849014 162491,6993 324983,3987 445658,3987 974950,1961

Dimensi	Tipe Balok	Lokasi	d (mm)	Vu	Vn	Vc	Vs	Vs.min	Vs.max	Kondisi 1	Kondisi 2	Kondisi 3	Kondisi 4	Kondisi 5	Av/s	Av.tot/s	D tul	Kaki Sengkang	Av	Av + 2At	1/3*b*s/fy	Cek	Spasi		Cek
				N	N	N	N	N	N	$Vu \leq 0,5 \cdot \phi \cdot Vc$	$Vu \leq \phi \cdot Vc$	$Vu \leq \phi \cdot (Vc + Vs.min)$	$Vu \leq \phi \cdot (Vc + Vs)$	$Vu \leq \phi \cdot (Vc + Vs.max)$									Perlu	Pakai	
B = 600 H= 900	Balok Melintang Dermaga 600 x 900 mm	Tumpuan	804,5	454677	606236	433311,2	866622,3965	160900	1733244,793	NOT	NOT	NOT	OK	OK	2,6274	3,3127	13	4	530,6600	65,6841	48,7805	OK	160,1884	100	OK
		Lapangan	804,5	186304	248405	433311,2	866622,3965	160900	1733244,793	NOT	OK	OK	OK	OK	2,6274	3,3127	13	4	530,6600	147,7891	73,1707	OK	160,1884	150	OK
B = 600 H= 900	Balok Memanjang Dermaga 600 x 900 mm	Tumpuan	804,5	601795	802393	433311,2	866622,3965	160900	1733244,793	NOT	NOT	NOT	OK	OK	2,6274	3,2247	13	4	530,6600	65,6841	48,7805	OK	164,5613	100	OK
		Lapangan	804,5	324603	432804	433311,2	866622,3965	160900	1733244,793	NOT	OK	OK	OK	OK	2,6274	3,2247	13	4	530,6600	147,7891	73,1707	OK	164,5613	150	OK
B = 300 H= 500 B = 600 H= 1000	Balok Tepi Dermaga 300 x 500 Balok Crane 600 x 1000	Tumpuan	404,5	113116	150821	108933,74	217867,4701	40450	435734,9402	NOT	NOT	NOT	OK	OK	1,3137	2,2151	13	2	265,3300	65,6841	48,7805	OK	119,7832	100	OK
		Lapangan	404,5	108462	144616	108933,74	217867,4701	40450	435734,9402	NOT	NOT	OK	OK	OK	1,3137	2,2151	13	2	265,3300	32,8420	48,7805	OK	119,7832	100	OK
		Tumpuan	904,5	366112	488149	487172,13	974344,2606	180900	1948688,521	NOT	NOT	OK	OK	OK	2,6274	3,5288	13	2	265,3300	36,9473	36,5854	OK	75,1906	75	OK
		Lapangan	904,5	240987	321316	487172,13	974344,2606	180900	1948688,521	NOT	OK	OK	OK	OK	2,6274	3,5288	13	2	265,3300	18,4736	36,5854	OK	75,1906	75	OK
B = 400 H= 1000	Balok Lislplank 400 x 1000	Tumpuan	907,5	142314	189752	325858,64	651717,2777	121000	1303434,555	NOT	OK	OK	OK	OK	1,7516	2,1053	13	2	265,3300	43,7894	48,7805	OK	126,0305	100	OK
		Lapangan	907,5	61813	82417	325858,64	651717,2777	121000	1303434,555	OK	OK	OK	OK	OK	1,7516	2,1053	13	2	265,3300	43,7894	48,7805	OK	126,0305	100	OK
B = 1000 H= 3000	Balok Fender 1000 x 3000	Tumpuan	2907,5	638242	850989	3121709,8	6243419,508	969166,6667	12486839,02	OK	OK	OK	OK	OK	5,2374	5,7198	13	6	795,9900	130,9360	81,3008	OK	139,1633	100	OK
		Lapangan	2907,5	401513	535351	3121709,8	6243419,508	969166,6667	10440043,99	OK	OK	OK	OK	OK	5,2374	5,7198	13	6	795,9900	130,9360	81,3008	OK	139,1633	100	OK

PENULANGAN PLAT TRESTLE

a	350	mm
Cover	50	mm
fc'	20,1	Mpa
fy	390	MPa
D tulangan	19	mm
dx	290,5	mm
dy	271,5	mm
$\varphi$	0,8	
$\beta_1$	0,921	

Arah	Mu	Mu	Mn	Rn	m	$\rho$ min	$\rho_b$	$\rho$ max	$\rho$ perlu	$\rho$ pakai	As	A $\phi$	S max	S pakai	As pakai	Kontrol	Tulangan	
	tm	Nmm	Nmm								mm2	mm2	mm	mm	mm2		D	Jarak
Mtx	6,363	6,363E+07	7,954E+07	0,94	22,83	0,0036	0,0244	0,0183	0,0025	0,0025	722,55	283,53	392,40	75	3780,383	OK	19	250
Mlx	8,6701	8,670E+07	1,084E+08	1,28	22,83	0,0036	0,0244	0,0183	0,0034	0,0034	995,52	283,53	284,80	75	3780,383	OK	19	250
Mty	3,5413	3,541E+07	4,427E+07	0,60	22,83	0,0036	0,0244	0,0183	0,0016	0,0016	425,68	283,53	666,07	75	3780,383	OK	19	250
Mly	0,8837	8,837E+06	1,105E+07	0,15	22,83	0,0036	0,0244	0,0183	0,0004	0,0004	104,78	283,53	2705,82	75	3780,383	OK	19	250

$\rho$  min <  $\rho$  pakai <  $\rho$  max  
OK

MOMEN TERJADI (OUTPUT SAP2000)			
Mtx	-6363	Kg.m	Tumpuan
Mlx	8670,1	Kg.m	Lapangan
Mty	-3541,3	Kg.m	Tumpuan
Mly	883,7	Kg.m	Lapangan

Mtx			
CEK KEMAMPUAN NOMINAL			
T=	Ast.fy =	1474349,432	N
a=	T/(0.85*FC'*B)	86,29496238	mm
$\phi$ mn =	$\phi$ *Tx(d-a/2)	291747236,6	Nmm
$\phi$ mn>	Mu terjadi	OK	

Mty			
CEK KEMAMPUAN NOMINAL			
T=	Ast.fy =	1474349,432	N
a=	T/(0.85*FC'*B)	86,29496238	mm
$\phi$ mn =	$\phi$ *Tx(d-a/2)	269337125,2	Nmm
$\phi$ mn>	Mu terjadi	OK	

Mlx			
CEK KEMAMPUAN NOMINAL			
T=	Ast.fy =	1474349,432	N
a=	T/(0.85*FC'*B)	86,29496238	mm
$\phi$ mn =	$\phi$ *Tx(d-a/2)	291747236,6	Nmm
$\phi$ mn>	Mu terjadi	OK	

Mly			
CEK KEMAMPUAN NOMINAL			
T=	Ast.fy =	1474349,432	N
a=	T/(0.85*FC'*B)	86,29496238	mm
$\phi$ mn =	$\phi$ *Tx(d-a/2)	269337125,2	Nmm
$\phi$ mn>	Mu terjadi	OK	



LENTUR

Selimum Beton	$d'$	=	50	mm					
Kuat Tekan Beton	$f_c'$	=	29,01	MPa	41,5	Mpa			
Tegangan Lelah Tulangan Utama Lentur	$f_y$	=	400	MPa			16	200,96	
Faktor Distribusi Tegangan Beton	$\beta$	=	0,85792		0,758		19	283,385	
Faktor Reduksi Kekuatan Lentur	$\phi$	=	0,8				22	379,94	
Mutu Baja BJ-55	$f_y$	=	410	Mpa			25	490,625	
$\rho$ min	=	0,003414634		Rencana	D tul	=	29	660,185	m = 16,62712655
$\rho$ max	=	0,022989034	0,029056514		geser	=	13		11,62296244
$\rho$ b	=	0,030652046	0,038742019						

Dimensi	Type Balok	Lokasi	d (mm)	Mu	Mn	Rn	p perlu	Digunakan	As (tarik)	D tul	Jumlah	Jumlah	As Pakai	Kontrol Kekuatan Nominal			CeK
				Nmm	Nmm				mm2				T	a	$\phi Mn$		
B = 500	Balok Melintang Trestle	Tumpuan	724.5	177453400	221816750	0,8451768	0,0021	p perlu	760,0004172	19	2,681865368	4	1133.54	464'751,4	37,6902606	262362985	OK
H = 800	500 x 800 mm	Lapangan	724.5	113210000	141512500	0,5391977	0,0013	p perlu	481,7266239	19	1,699901632	2	566.77	232375,7	18,84751303	132933074,1	OK
B = 500	Balok Memanjang Trestle	Tumpuan	724.5	78488700	98110875	0,3738267	0,0009	p perlu	332,8319139	19	1,174486702	2	566.77	232375,7	18,84751303	132933074,1	OK
H = 800	500 x 800 mm	Lapangan	724.5	71058200	88822750	0,3384367	0,0008	p perlu	301,1018742	19	1,062518744	2	566.77	232375,7	18,84751303	132933074,1	OK

Dimensi	Tipe Balok	Lokasi	Tulangan Bagian Tarik		As Pakai mm2	ρ	Kontrol Kekuatan Nominal			Perlu T. Tekan	M. Butuh Tekan	Tulangan Bagian Tekan		(((0,85*fc*β1*d)/ Fy*d') (600/600-fy))	Kontrol Kelelahan Tulangan Tekan	As (tekan) mm2	ρ'	As Pakai mm2	Kontrol As'	As Total mm2	Kontrol Kekuatan Nominal			CeK
			D tulangan	Jumlah			T	a	φMn			D tulangan	Jumlah								T	a	φMn	
B = 500	Balok Melintang Trestle 500 x 800 mm	Tumpuan	19	4	1133.54	0.0031	464751.4	37.69502606	262362385	NOT	-40545634.99	19	2	0.011244984	OK	-146.6149632	-0.0004	566.77	OK	1700.31	691727.1	56.54253908	388287932.6	OK
H = 800		Lapangan	19	2	566.77	0.0010	232375.7	18.84751303	132933074.1	NOT	8579425.893	19	2	0.011244984	OK	31,02361602	0.0001	566.77	OK	1133.54	464751.4	37.69502606	262362385	OK
B = 500	Balok Mernanjang Trestle 500 x 800 mm	Tumpuan	19	2	566.77	0.0016	232375.7	18.84751303	132933074.1	NOT	-34822199.11	19	2	0.011244984	OK	-125.9187447	-0.0003	566.77	OK	1133.54	464751.4	37.69502606	262362385	OK
H = 800		Lapangan	19	2	566.77	0.0010	232375.7	18.84751303	132933074.1	NOT	-44110324.11	19	2	0.011244984	OK	-159.5050502	-0.0004	566.77	OK	1133.54	464751.4	37.69502606	262362385	OK

KONTROL KELELEHAN TULANGAN TEKAN			Dengan Demikian, tulangan tekan telah leleh : $f_s = f_y$			Total Luas Tulangan	
$\rho - \rho'$	$= 0,5 * p_b$		Karena $Mn2 =$	$A_s * f_y * (d - d')$	Maka, $A_s$ Dapat Diperoleh :	$A_s =$	$A_{s1} + A_s$
$\rho - \rho'$	$\geq \frac{0,85 * f_c * \beta_1 * d'}{F_y * d}$	$\frac{600}{600 - f_y}$	$-40545634,99$	$A_s$	$= 276545 * A_s$	$=$	$986,9250368$
$\rho - \rho'$	$\geq \frac{1057,751016}{297045}$	$\frac{600}{600 - 400}$				Untuk Tulangan Tekan di gunakan	
						D 19	
						Jumlah 2	
$\rho - \rho'$	$\geq 0,010682735$					$A_s$ Pakai $=$	$566,77$
$\rho - \rho'$	$= 0,0153$	$\geq 0,010682735$				$A_s$ Pakai $>$	$-146,6149632$
	KONTROL	OK				KONTROL	OK
Kontrol Kelelehan Tulangan Tekan Desain Akhir						*(satuian $A_s = mm^2$ )	

$\rho = \frac{As \text{ (tarik)}}{b.d}$	$\rho - \rho' =$	0,0107	<	0,75*pb
$= 0,003129$		0,0153	<	0,022989034
		KONTROL		OK

$\rho^i = \frac{As \text{ (tekan)}}{b.d}$ $= -0.000405$	$\rho - \rho^i > 0,010682735$	<div>KONTROL</div> <div>OK</div>
---	-------------------------------	----------------------------------

	Momen (m) Tonf-m	Geser (Vu) Tonf	Axial (Pu) Kgf	Puntir (Tu) Kgf-m
Balok Melintang Trestle				
Tumpuan	17,74534	8,6921	1220,71	235,9
Lapangan	11,321	8,2054		
Balok Memanjang Trestle				
Tumpuan	7,84887	6,326	438,8	372,04
Lapangan	7,10582	2,3507		

TORSI

Kuat Tekan Beton  $f_c'$  = 29,01 Mpa 41,5 Mpa  
Tegangan Leleh Tulangan Utama Lentur  $f_y$  = 400 Mpa  
Faktor Distribusi Tegangan Beton  $\phi$  = 0,85792  
Faktor Reduksi Kekuatan Lentur  $\phi$  = 0,75  
Mutu Baja BJ-55  $f_y$  = 410 Mpa

Rencana D tul = 19 283,385 m = 16,62712655 geser = 13

Dimensi			Tipe Balok	d (mm)	Acp	Pcp	Aoh	Ao	Ph	Tu	Digunakan	Tn	Kontrol Kemampuan Penampang			Cek	Tul. Tambahan	Cek	Tul Tambahan Longitudinal			Tulangan Bagian Badan		As Pakai mm2	Cek
					mm2	mm	mm2	mm3	mm	Nmm		mm2		<			Transv. (At/s)		Al (mm2)	Al min (mm2)	Al Pakai	D tulangan	Jumlah		
387	B =	500	Balok Melintang Trestle 500 x 800 mm	727,5	400000	2600	265869	225988.65	2148	2359000	ABAIKAN	3145333.333	0,178949752	<	3.366308252	CUKUP BESAR	0,017397629	NOT	36,45864084	2207,746861	2207,746861	19	4	1133.54	OK
687	H=	800																							
387	B =	500	Balok Memanjang Trestle 500 x 800 mm	727,5	400000	2600	265869	225988.65	2148	3720400	ABAIKAN	4960533.333	0,248039467	<	3.366308252	CUKUP BESAR	0,027437956	NOT	57,49924857	2186,706253	2186,706253	19	4	1133.54	OK
687	H=	800																							

GESER

Kuat Tekan Beton  $f_c'$  = 29,01 Mpa 41,5 Mpa  
Tegangan Leleh Tulangan Utama Lentur  $f_y$  = 400 Mpa  
Faktor Distribusi Tegangan Beton  $\phi$  = 0,85792 0,758  
Faktor Reduksi Kekuatan Lentur  $\phi$  = 0,75  
Mutu Baja BJ-55  $f_y$  = 410 Mpa

$\rho$  min = 0,003414634  
 $\rho$  maks = 0,022989034  
 $\rho$  b = 0,030652046  
Rencana D tul = 19 283,385 m = 16,62712655 11,62296244 geser = 13

Dimensi	Tipe Balok	Lokasi	d (mm)	Vu	Vn	Vc	Vs	Vs.min	Vs.max	Kondisi 1	Kondisi 2	Kondisi 3	Kondisi 4	Kondisi 5	Av/s	Av.tot/s	D tul	Kaki Senggang	Av	Av + 2At	1/3*b*s/fy	Cek	Spasi		Cek
				N	N	N	N	N	N	$Vu \leq 0,5 \phi Vc$	$Vu \leq \phi Vc$	$Vu \leq \phi (Vc + Vs.min)$	$Vu \leq \phi (Vc + Vs)$	$Vu \leq \phi (Vc + Vs.max)$									Perlu	Pakai	
B = 500 H = 800	Balok Melintang Trestle 500 x 800 mm	Tumpuan	724,5	86921	115895	325185,38	650370,7544	120750	1300741,509	OK	OK	OK	OK	OK	2,1895	2,2243	13	2	265,3300	54,7367	40,6504	OK	119,2889	100	OK
		Lapangan	724,5	82054	109405	325185,38	650370,7544	120750	1300741,509	OK	OK	OK	OK	OK	2,1895	2,2243	13	2	265,3300	54,7367	40,6504	OK	119,2889	100	OK
B = 500 H = 800	Balok Memanjang Trestle 500 x 800 mm	Tumpuan	724,5	63260	84347	325185,38	650370,7544	120750	1300741,509	OK	OK	OK	OK	OK	2,1895	2,2443	13	2	265,3300	54,7367	40,6504	OK	118,2216	100	OK
		Lapangan	724,5	23507	31343	325185,38	650370,7544	120750	1300741,509	OK	OK	OK	OK	OK	2,1895	2,2443	13	2	265,3300	54,7367	40,6504	OK	118,2216	100	OK



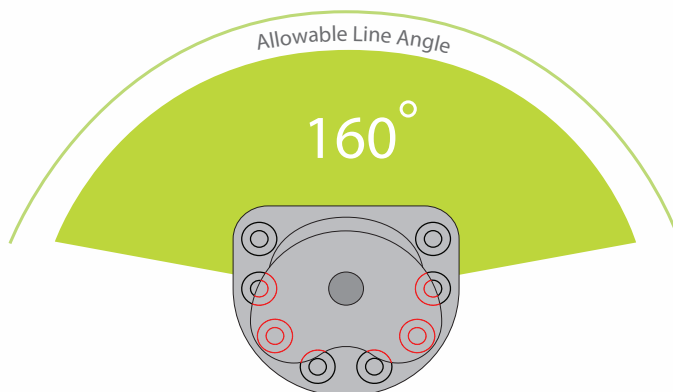
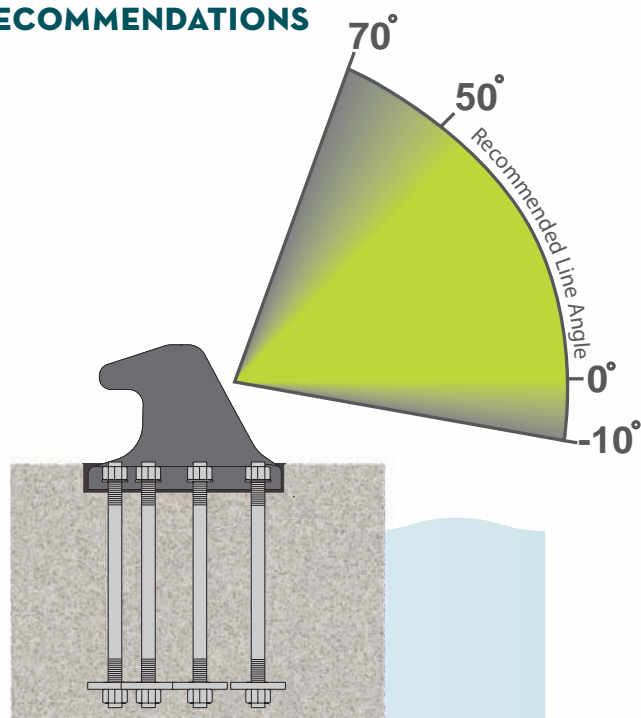
# MT

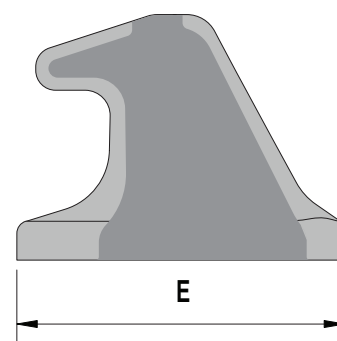
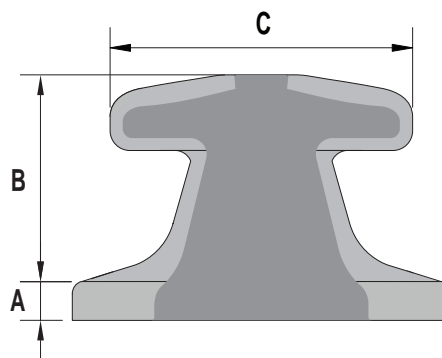
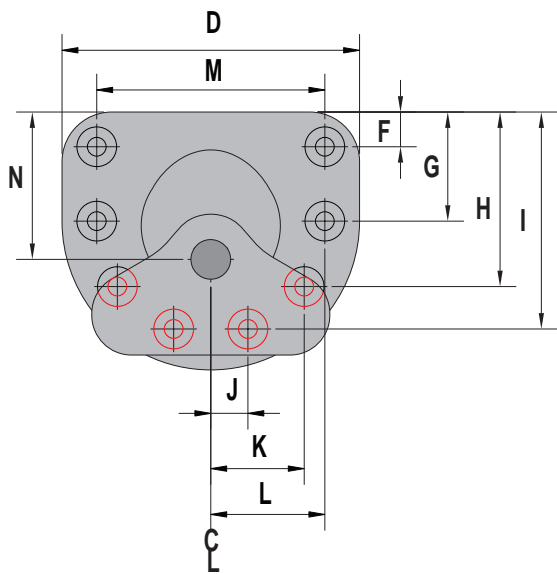
## T-HEAD

### BOLLARDS

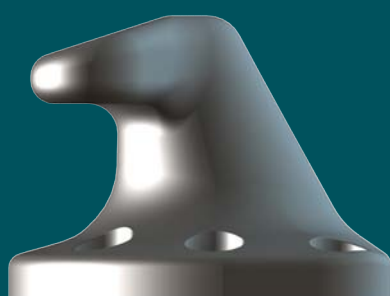
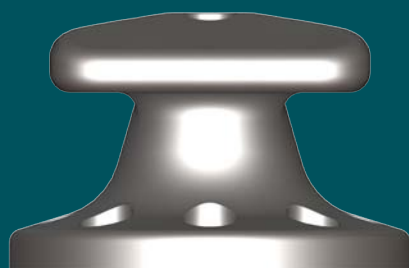
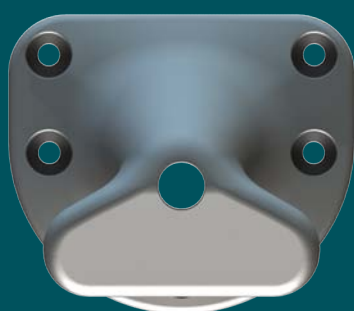


### LOAD ANGLE RECOMMENDATIONS





## DIMENSIONS AND CAPACITIES



### Standard Bollard Capacity (Metric Tonnes)

Imperial Dimensions (inches)	MT 10	MT 15	MT 20	MT 30	MT 50	MT 75	MT 100	MT 125	MT 150	MT 200
A	1-7/8	2	2-1/8	2-1/4	2-3/4	3-1/4	3-1/4	3-3/8	3-5/8	3-7/8
B	7-7/8	8-5/8	9-1/2	9-7/8	12-1/8	13-7/8	16-1/8	18	19-3/8	20-1/2
C	12	13-1/4	13-3/4	14-3/8	17-3/4	20-3/8	24	26-3/8	28-3/8	30
D	15	16-1/2	17-1/4	18	22-1/4	25-1/2	30	33	35-3/8	37-1/2
E	13	14-1/4	15	15-5/8	19-1/4	22-1/8	26	28-5/8	30-5/8	32-1/2
F	1-3/4	1-7/8	2	2-1/8	2-5/8	3	3-1/2	3-7/8	4-1/8	4-3/8
G	-	-	-	-	-	-	12	13-1/4	14-1/8	13-3/4
H	-	-	9-1/8	9-1/2	11-3/4	11-3/4	19-1/2	21-1/2	23-1/8	22
I	9-5/8	10-1/2	13	13-1/2	16-5/8	18-1/4	22-1/2	24-3/4	26-1/2	27-3/8
J	4-1/8	4-1/2	0	0	0	4-1/8	0	0	0	4-5/8
K	-	-	6	6-1/4	7-3/4	9-1/2	7-3/4	8-1/2	9-1/8	11-3/4
L	-	-	-	-	-	-	11-1/2	12-5/8	13-1/2	14-3/8
M	11-1/2	12-5/8	13-1/4	13-3/4	17	19-1/2	23	25-1/4	27-1/8	28-3/4
N	7-3/8	8-1/8	8-1/2	8-7/8	11	12-5/8	14-7/8	16-3/8	17-1/2	18-5/8
Bolt Size	1	1	1	1-1/8	1-3/8	1-1/2	1-3/4	1-3/4	2	2
Bolt Length	18	18	18	18	24	24	30	30	36	36
Bolt Qty	4	4	5	5	5	6	7	7	7	8

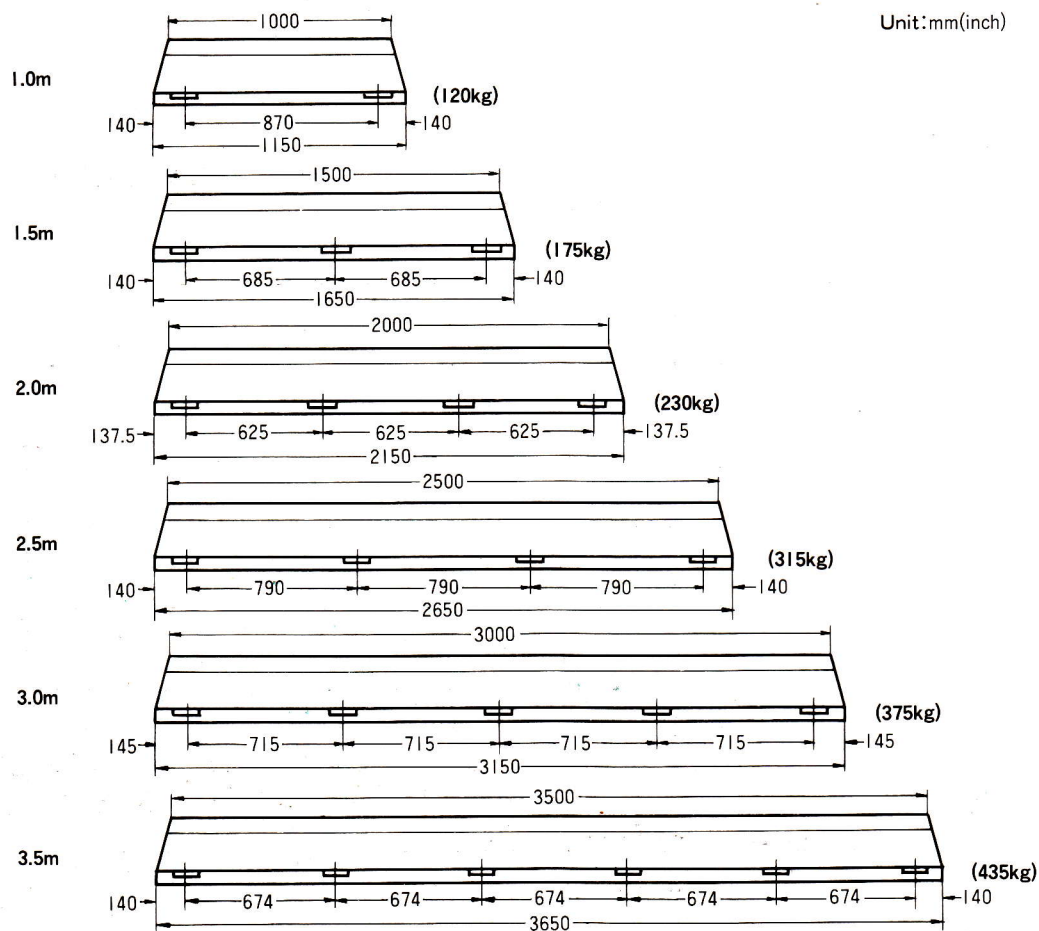
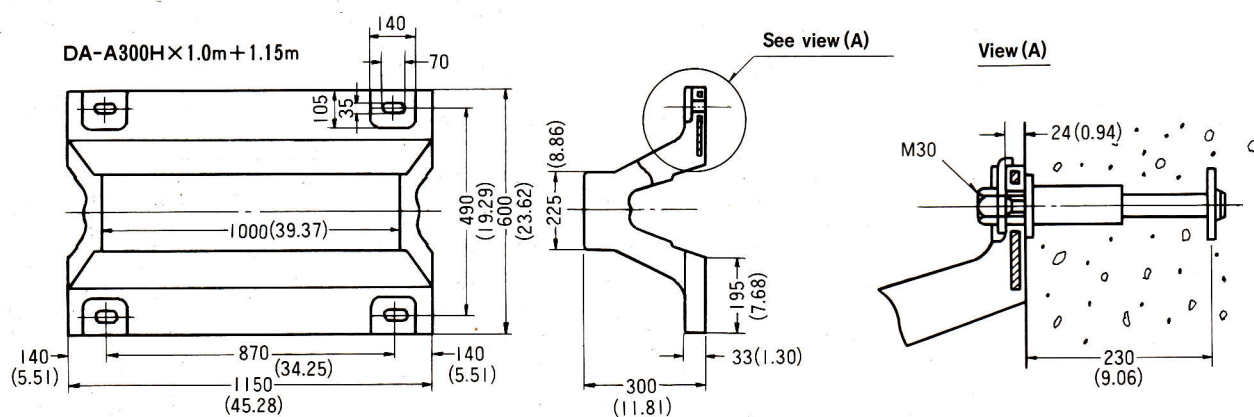
### Standard Bollard Capacity (Metric Tonnes)

Metric Dimensions (mm)	MT 10	MT 15	MT 20	MT 30	MT 50	MT 75	MT 100	MT 125	MT 150	MT 200
A	47	52	54	57	70	80	80	87	93	97
B	199	219	240	250	308	354	413	458	492	521
C	305	335	351	366	451	518	610	671	719	762
D	381	419	438	457	564	648	762	838	899	952
E	330	363	380	396	489	561	660	726	779	826
F	44	49	51	53	66	76	89	98	105	111
G	-	-	-	-	-	-	305	335	360	349
H	-	-	232	242	298	298	496	546	586	559
I	243	267	329	343	423	463	572	629	674	694
J	103	114	0	0	0	105	0	0	0	119
K	-	-	152	159	196	241	195	215	231	299
L	-	-	-	-	-	-	291	320	343	365
M	292	321	336	351	432	497	584	643	689	730
N	189	208	217	226	279	321	377	415	445	472
Bolt Size	M24	M24	M24	M30	M36	M42	M42	M48	M48	M56
Bolt Length	450	450	450	450	600	600	600	750	750	915
Bolt Qty	4	4	5	5	5	6	7	7	7	8

## 2. DIMENSIONS AND PERFORMANCE

# DA-A300H

### (1) Standard sizes and bolt locations





## 2. DIMENSIONS AND PERFORMANCE

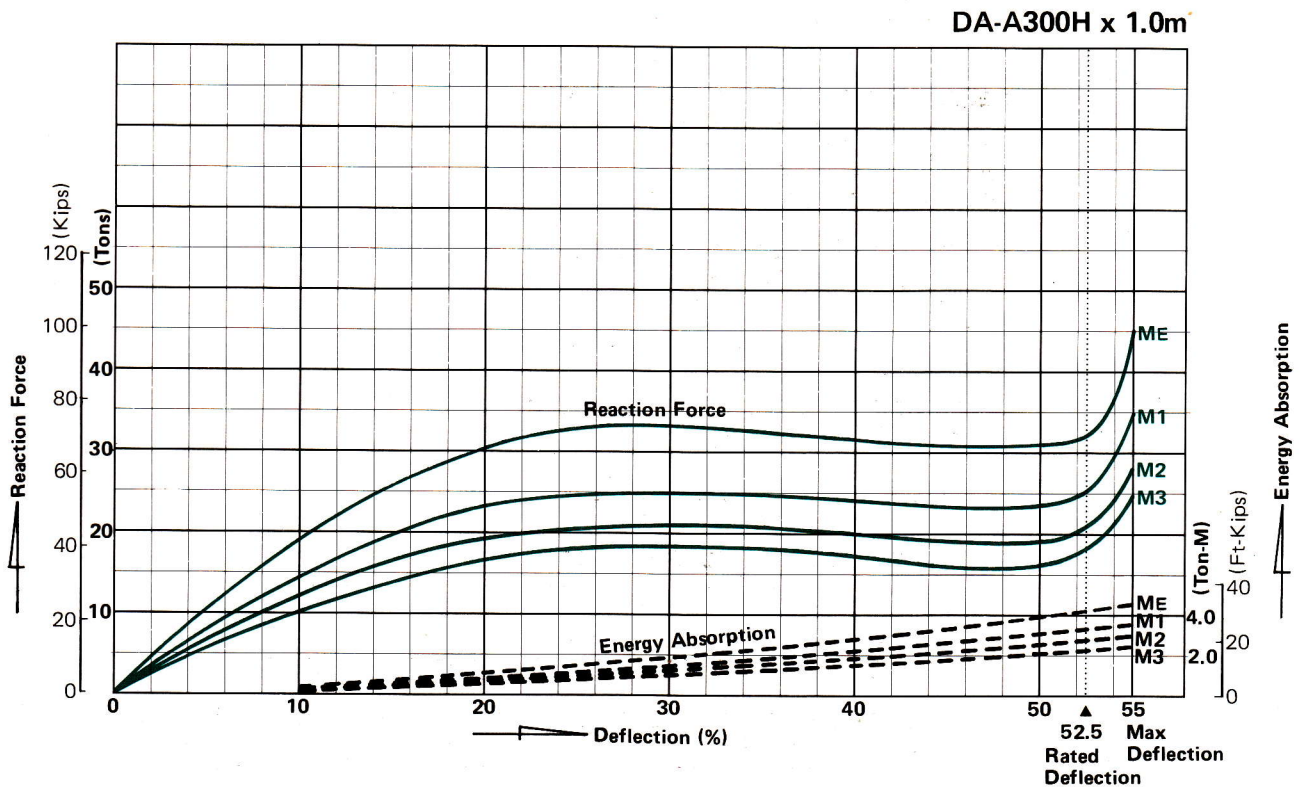
# DA-A300H

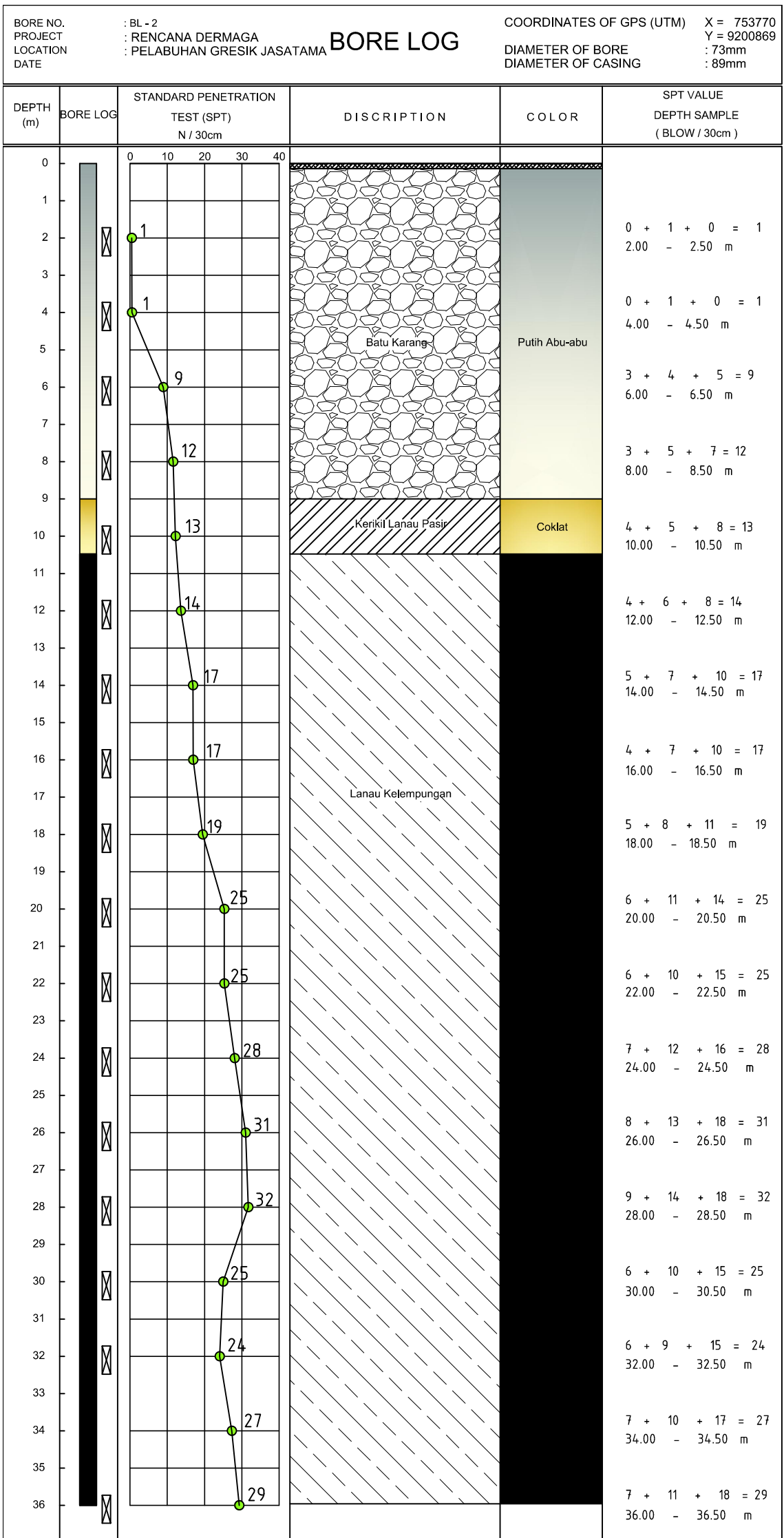
### (2) Performance

Rubber grade	ME				M1				M2				M3			
Deflection	52.5%		55%		52.5%		55%		52.5%		55%		52.5%		55%	
Performance	R Tons Kips	E Ton-M Ft-Kips	R Tons Kips	E Ton-M Ft-Kips	R Tons Kips	E Ton-M Ft-Kips	R Tons Kips	E Ton-M Ft-Kips	R Tons Kips	E Ton-M Ft-Kips	R Tons Kips	E Ton-M Ft-Kips	R Tons Kips	E Ton-M Ft-Kips	R Tons Kips	E Ton-M Ft-Kips
Length(m)																
1.0	32.4 71.4	4.1 29.7	45.0 99.2	4.4 31.8	24.9 54.9	3.1 22.4	34.6 76.3	3.3 23.9	20.6 45.4	2.6 18.8	28.6 63.1	2.8 20.3	17.7 39.0	2.2 15.9	24.6 54.2	2.4 17.4
1.5	48.6 107.2	6.2 44.9	67.5 148.8	6.6 47.8	37.4 82.5	4.7 34.0	51.9 114.4	5.0 36.2	30.9 68.1	3.9 28.2	42.9 94.6	4.2 30.4	26.6 58.7	3.3 23.9	36.9 81.4	3.6 26.0
2.0	64.8 142.9	8.2 59.3	90.0 198.5	8.8 63.7	49.8 109.8	6.2 44.9	69.2 152.6	6.6 47.8	41.2 90.8	5.2 37.6	57.2 126.1	5.6 40.5	35.4 78.1	4.4 31.8	49.2 108.5	4.8 34.7
2.5	81.0 178.6	10.3 74.5	112.5 248.1	11.0 79.6	62.3 137.4	7.8 56.4	86.5 190.7	8.3 60.1	51.5 113.6	6.5 47.0	71.5 157.7	7.0 50.6	44.3 97.7	5.5 39.8	61.5 135.6	6.0 43.4
3.0	97.2 214.3	12.3 89.0	135.0 297.7	13.2 95.5	74.7 164.7	9.3 67.3	103.8 228.9	9.9 71.6	61.8 136.3	7.8 56.4	85.5 189.2	8.4 60.8	53.1 117.1	6.6 47.8	73.8 162.7	7.2 52.1
3.5	113.4 250.0	14.4 104.2	157.5 347.3	15.4 111.4	87.2 192.3	10.9 78.9	121.1 267.0	11.6 83.9	72.1 159.0	9.1 65.8	100.1 220.7	9.8 70.9	62.0 136.7	7.7 55.7	86.1 189.9	8.4 60.8

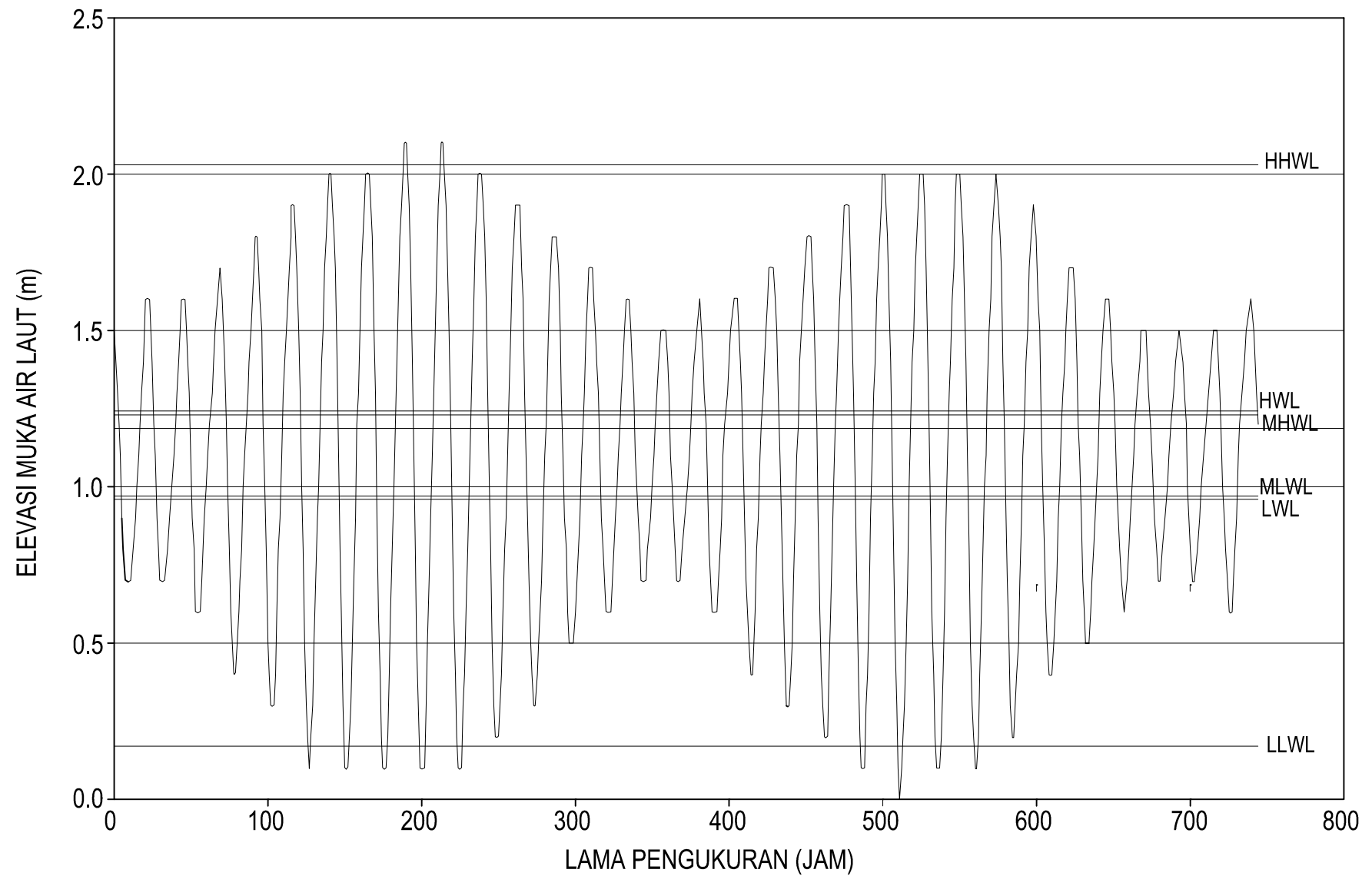
R: Reaction force E: Energy absorption Tolerance:  $\pm 10\%$

### (3) Performance Curve





# GRAFIK PASANG SURUT PELABUHAN GRESIK



Elevasi Muka Air	Acuan MSL (cm)	Acuan LWL (cm)
Highest Water Level (HWL)	0	28.6
Mean High Water Level (MHWL)	13	27.3
Highest High Water Level (HHWL)	93	107.3
Mean Sea Level (MSL)	0	28.6
Mean Low Water Level (MLWL)	-13	1.3
Lowest Low Water Level(LLWL)	-93	-78.7
Lowest Water Level (LWL)	-28.6	0

PROYEK AKHIR TERAPAN - RC145501

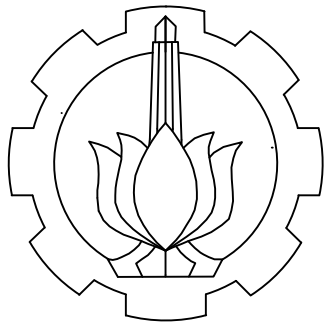
## MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR DERMAGA BATUBARA PT. GRESIK JASATAMA UNTUK KAPAL 5.000 DWT, GRESIK JAWA TIMUR

YUDHISTIRA MUHARRAM AGASTHAKARIEN  
NRP. 3114.030.112

MUHAMMAD PRIO AMBODO  
NRP. 3114.030.127

Dosen Pembimbing 1  
R. BUYUNG ANUGRAHA A, S.T, M.T.  
NIP. 19740203 200212 1 002

PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017



# DAFTAR GAMBAR

MODIFIKASI DESAIN DERMAGA PETI KEMAS DENGAN KAPASITAS 50.000 DWT  
DAN KAPASITAS 10.000 DWT TELUK LAMONG, SURABAYA

NO LEMBAR

Layout Dermaga

1

Arus Lalu Lintas Pada Dermaga

2

Posisi Draft Kapal saat Light Load

3

Posisi Draft Kapal saat Full Load

4

Tampak Depan Dermaga

5

Potongan Melintang Dermaga

6

Denag Penulangan Dermaga

7

Detail Penulangan Balok

8

Denah Plat dan Penulangan Plat

12

Denah Pile Cap dan Tiang Pancang

13

Detail Penulangan Pile Cap dan Tiang Tegak

14

Detail Penulangan Pile Cap dan Tiang Miring

15

Detail Dolphin Dermaga

16

Detail Pot Melintang dan Penulangan Trestle

17

Detail Fender

18

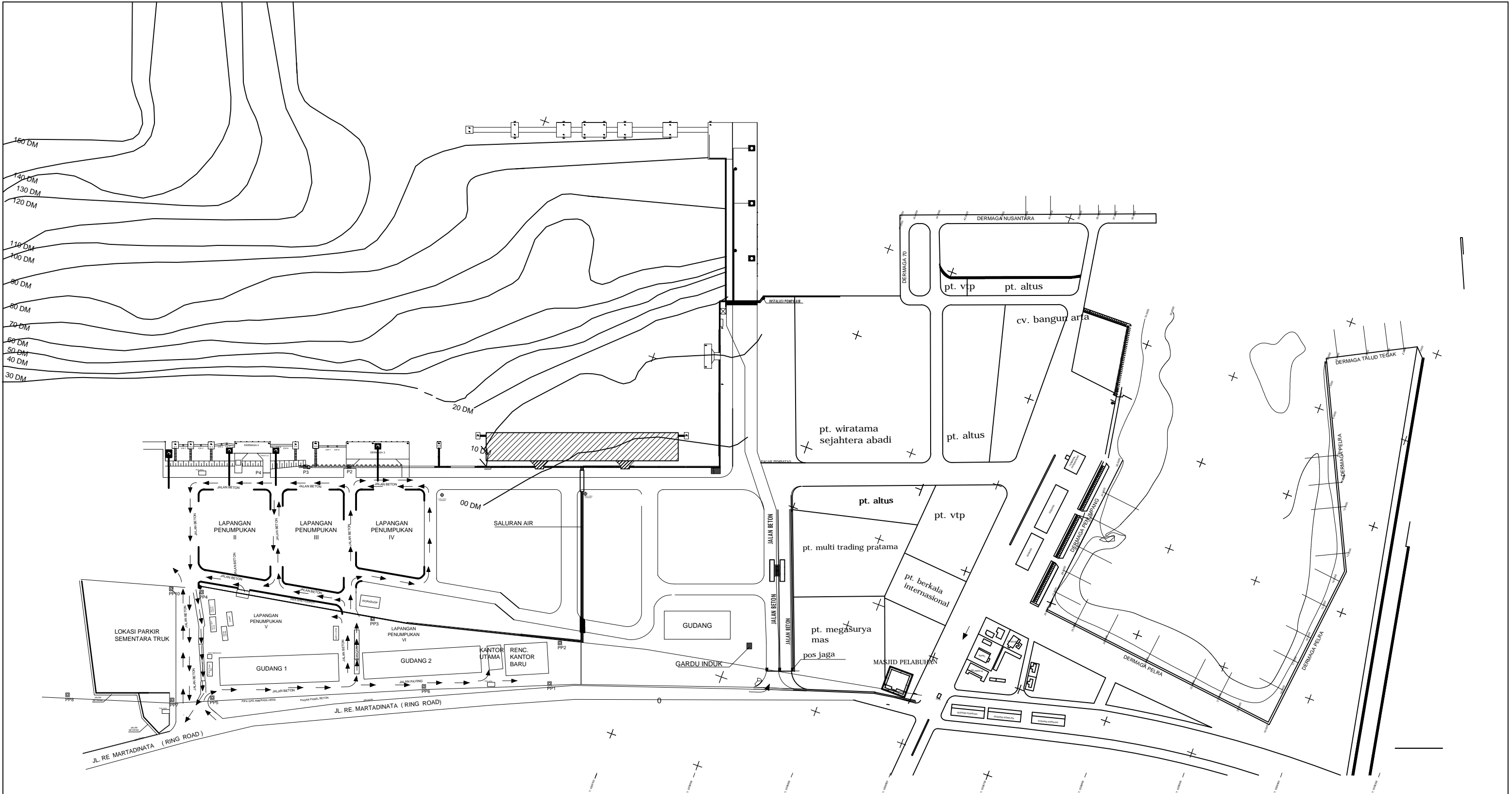
Detail Bollard

19


Detail Catwalk dan Dilatasi

20

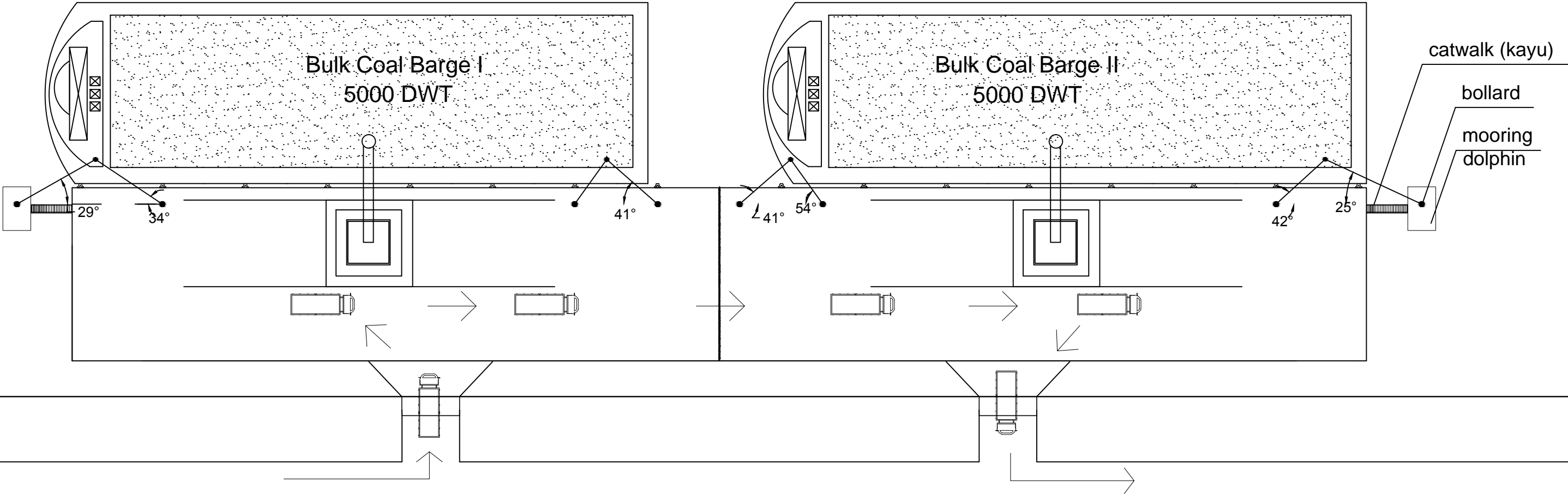





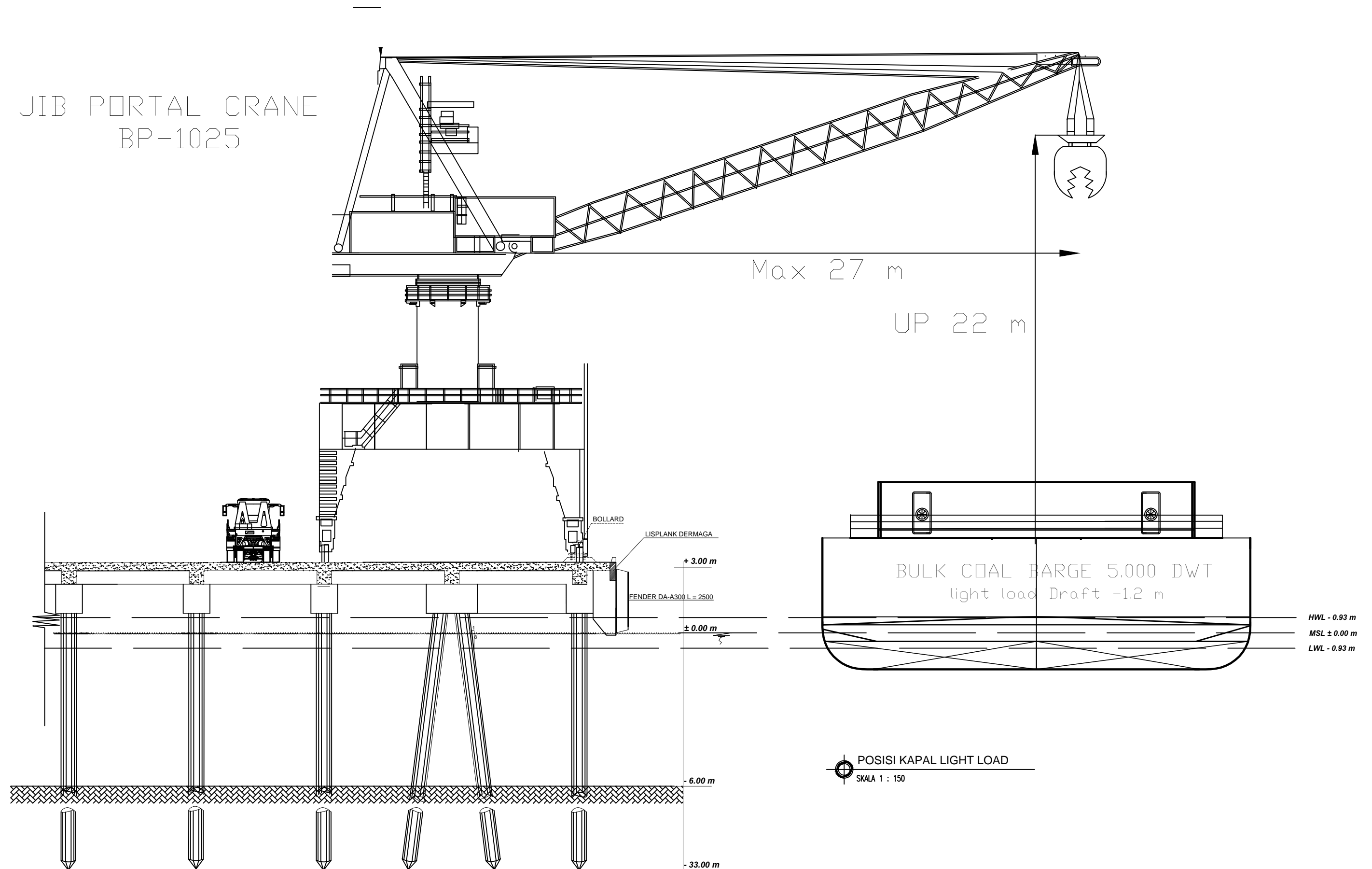
LAY OUT DERMAGA  
SKALA 1 : 3000

 <div><b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember</div>	JUDUL TUGAS AKHIR	NAMA GAMBAR	SKALA	MAHASISWA I	MAHASISWA II	Menyetujui	No Gambar	Jumlah Gbr
	MODIFIKASI DESIGN STRUKTUR DERMAGA BATUBARA PT. GRESIK JASATAMA UNTUK KAPAL 5000 DWT, GRESIK-JAWATINUR	Batimetri	1 : 3000	YUDHISTIRA M A NRP. 3114 030 112	M. PRIO AMBODO NRP. 3114 030 127	R. Buyung Anugraha A, ST., MT NIP. 19740203 200212 1 002	01	20

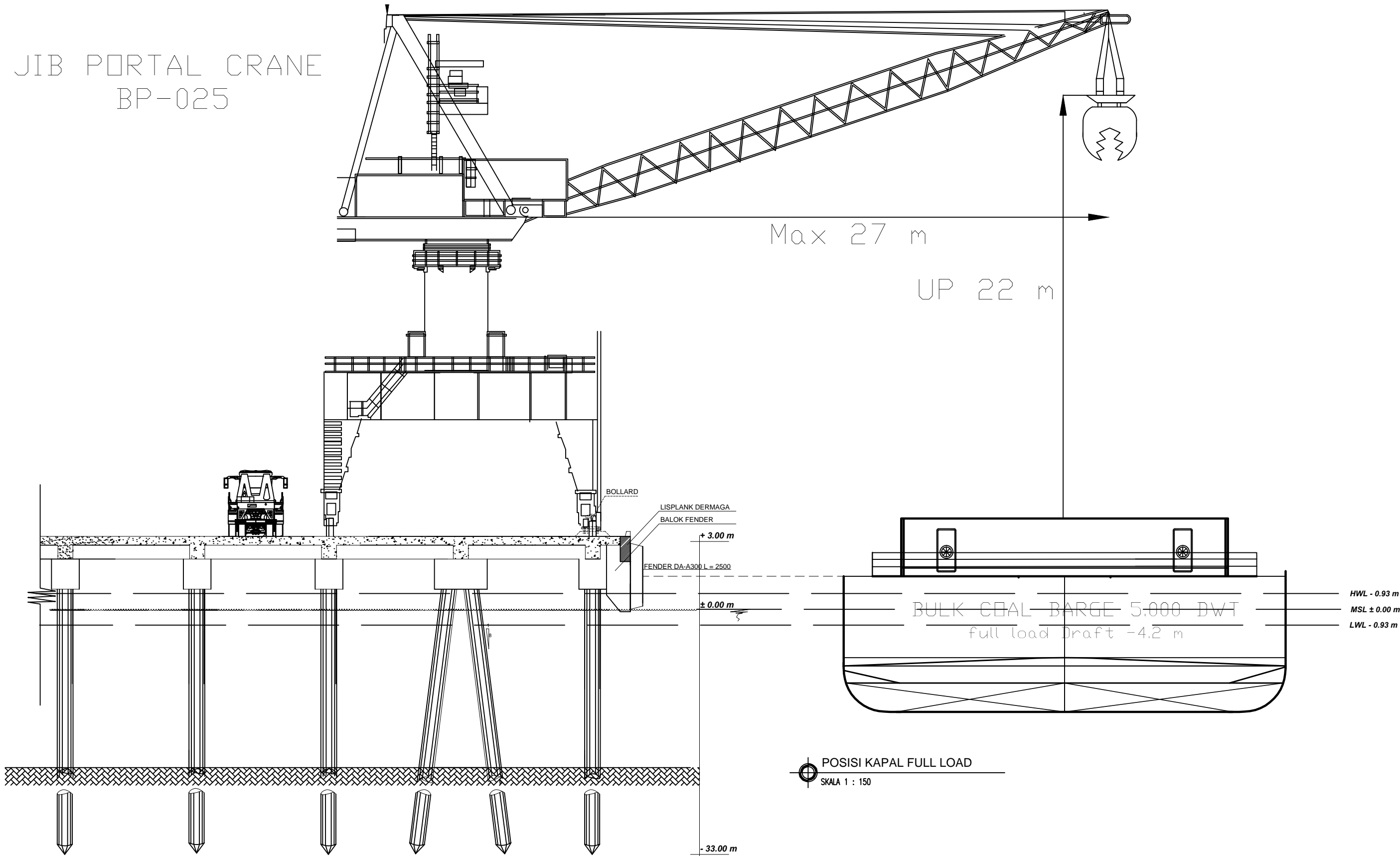
LAUT

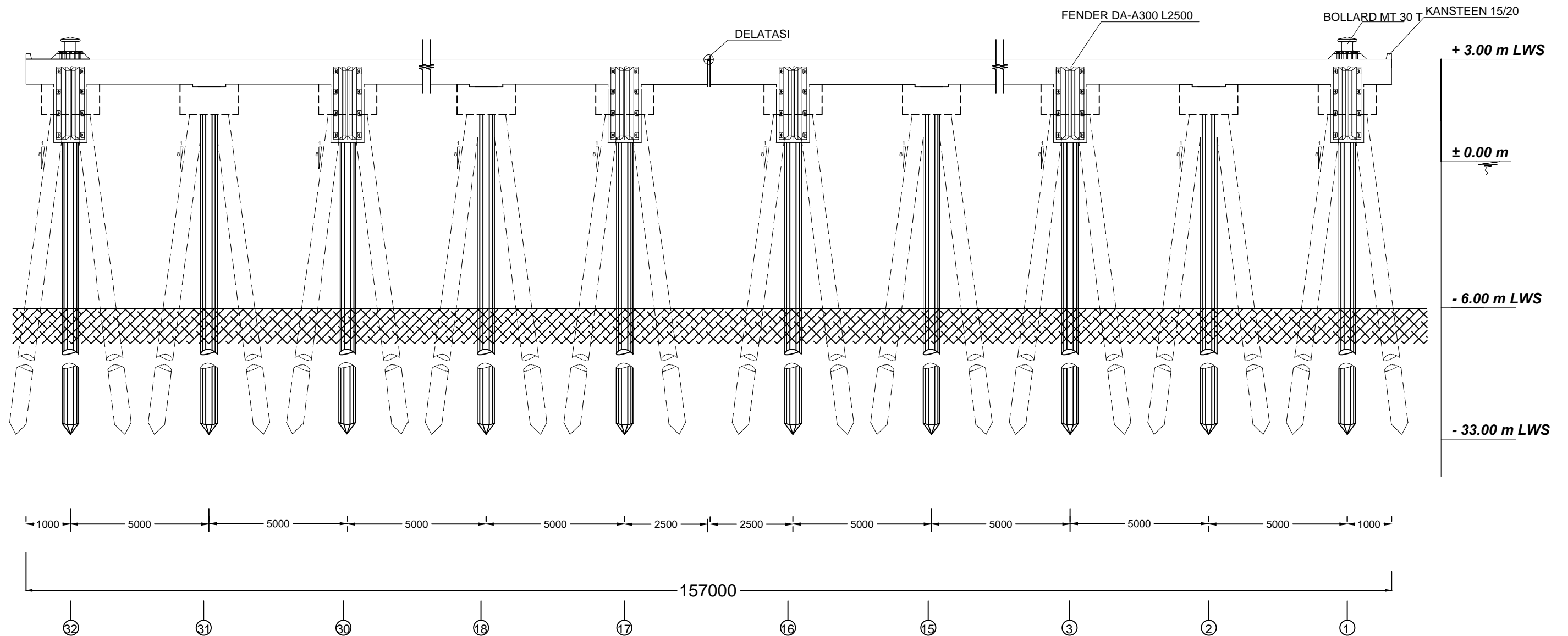


 <div><b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember</div>	JUDUL TUGAS AKHIR	NAMA GAMBAR	SKALA	MAHASISWA I	MAHASISWA II	Menyetujui	No Gambar	Jumlah Gbr
	MODIFIKASI DESIGN STRUKTUR DERMAGA BATUBARA PT. GRESIK JASATAMA UNTUK KAPAL 5000 DWT, GRESIK-JAWATINUR	Preliminary Desain	1 : 500	YUDHISTIRA M A NRP. 3114 030 112	M. PRIO AMBODO NRP. 3114 030 127	R. Buyung Anugraha A, ST., MT NIP. 19740203 200212 1 002	02	20



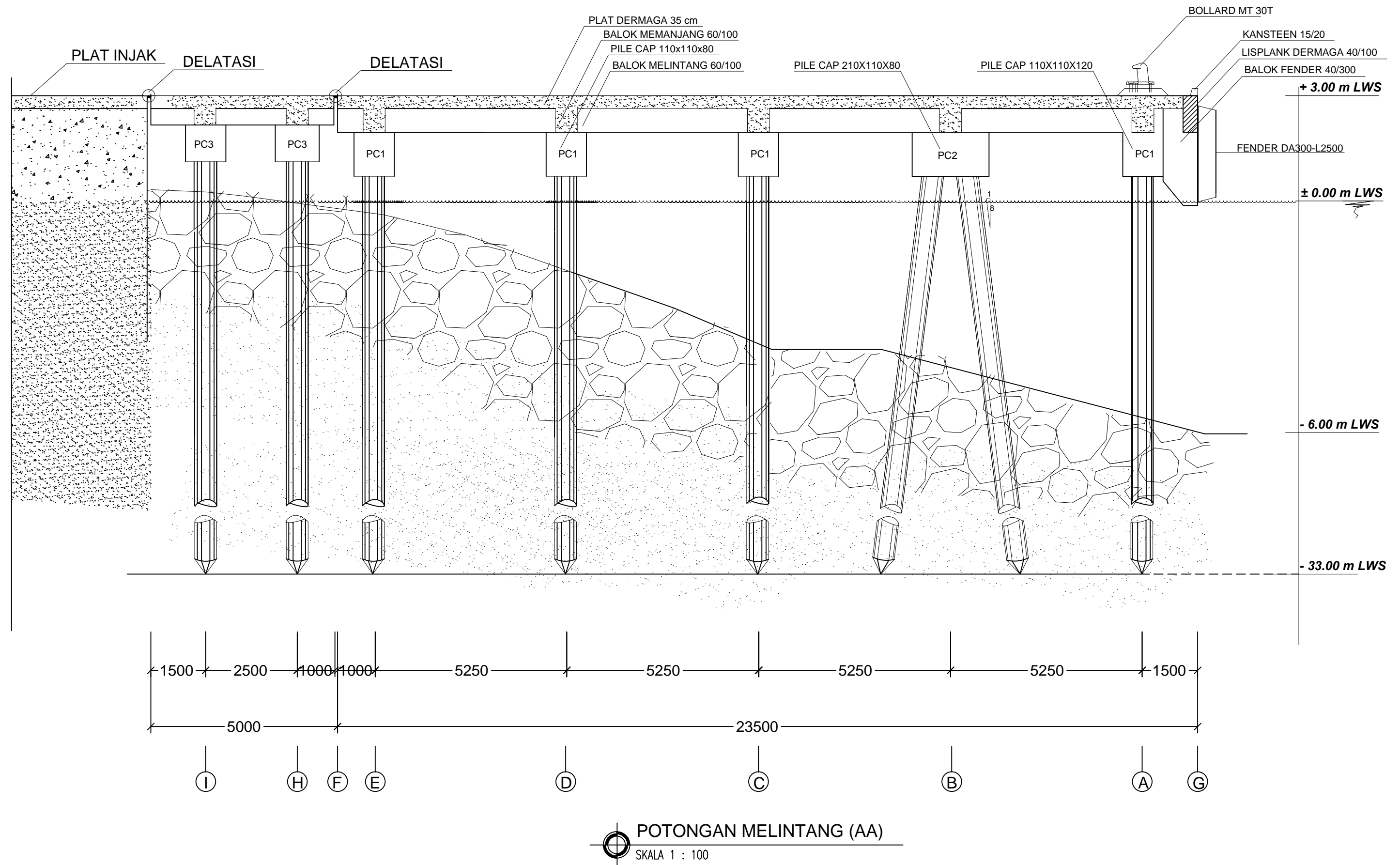
JIB PORTAL CRANE  
BP-025

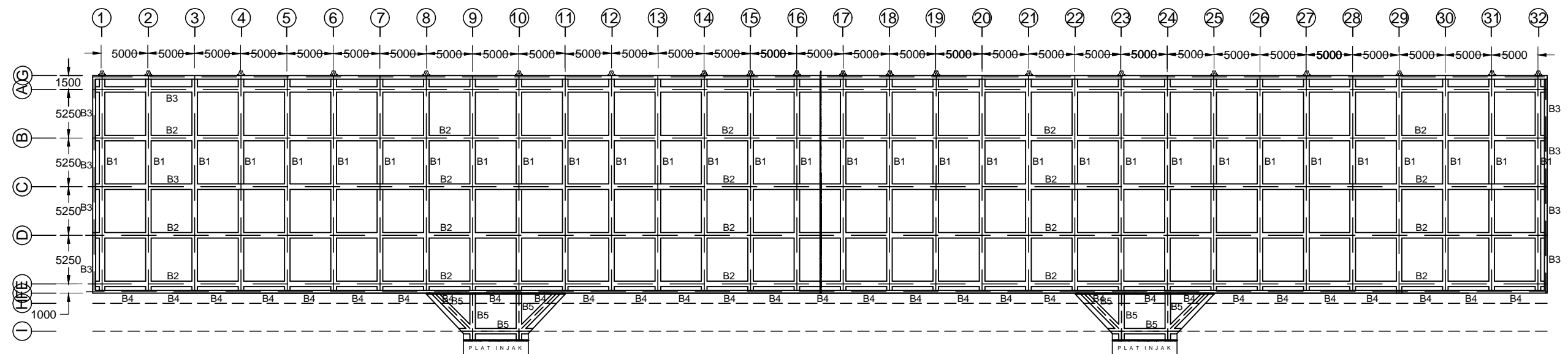




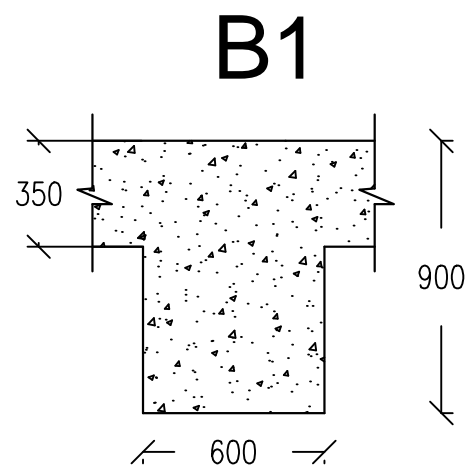
**TAMPAK DEPAN DERMAGA**  
SKALA 1 : 150

JUDUL TUGAS AKHIR	NAMA GAMBAR	SKALA	MAHASISWA I	MAHASISWA II	Menyetujui	No Gambar	Jumlah Gbr
MODIFIKASI DESIGN STRUKTUR DERMAGA BATUBARA PT. GRESIK JASATAMA UNTUK KAPAL 5000 DWT, GRESIK-JAWATINUR	Tampak Depan dermaga	1 : 200	YUDHISTIRA M A NRP. 3114 030 112	M. PRIO AMBODO NRP. 3114 030 127	R. Buyung Anugraha A, ST., MT NIP. 19740203 200212 1 002	05	20

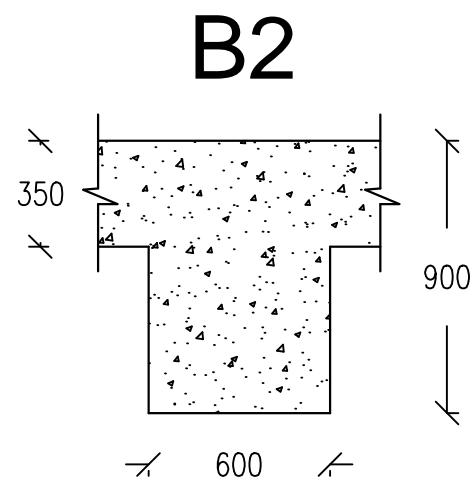




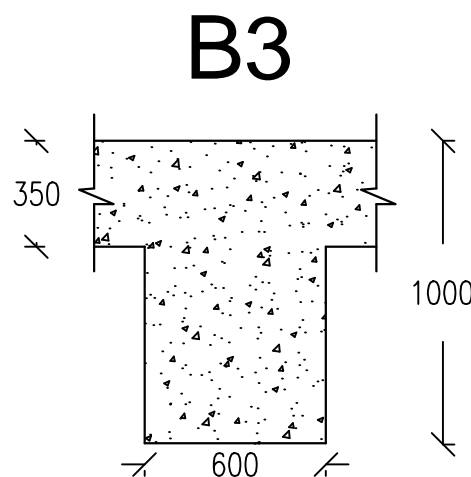
**DENAH BALOK DERMAGA**  
SKALA 1 : 500



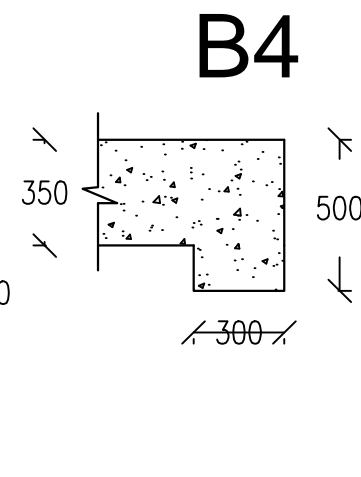
DETAIL BALOK MELINTANG  
SKALA 1 : 25



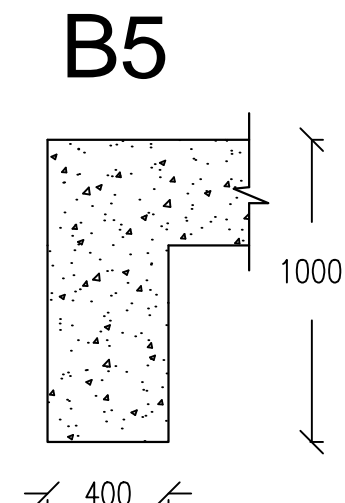
DETAIL BALOK MEMANJANG  
SKALA 1 : 25



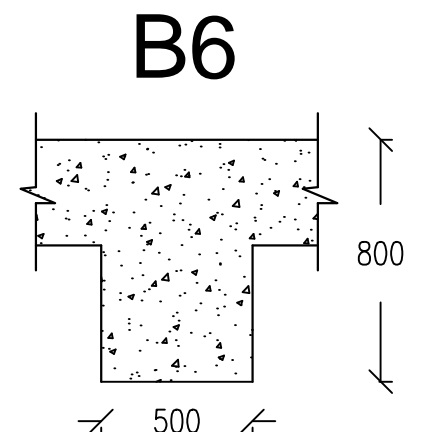
DETAIL BALOK CRANE  
SKALA 1 : 25



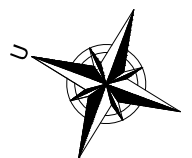
DETAIL BALOK TEPI  
SKALA 1 : 25



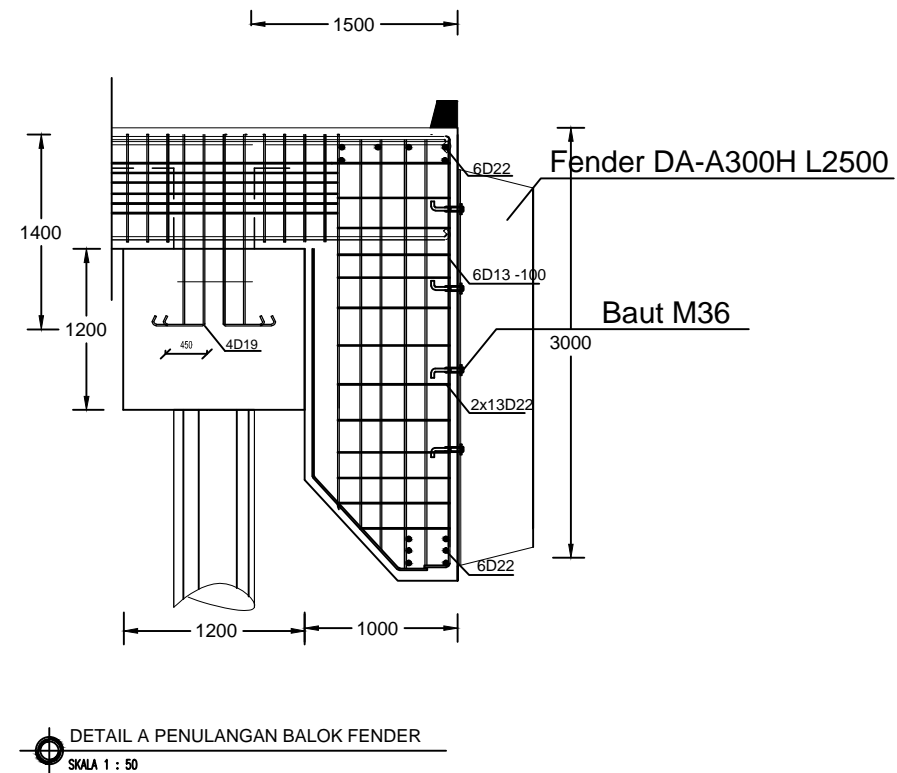
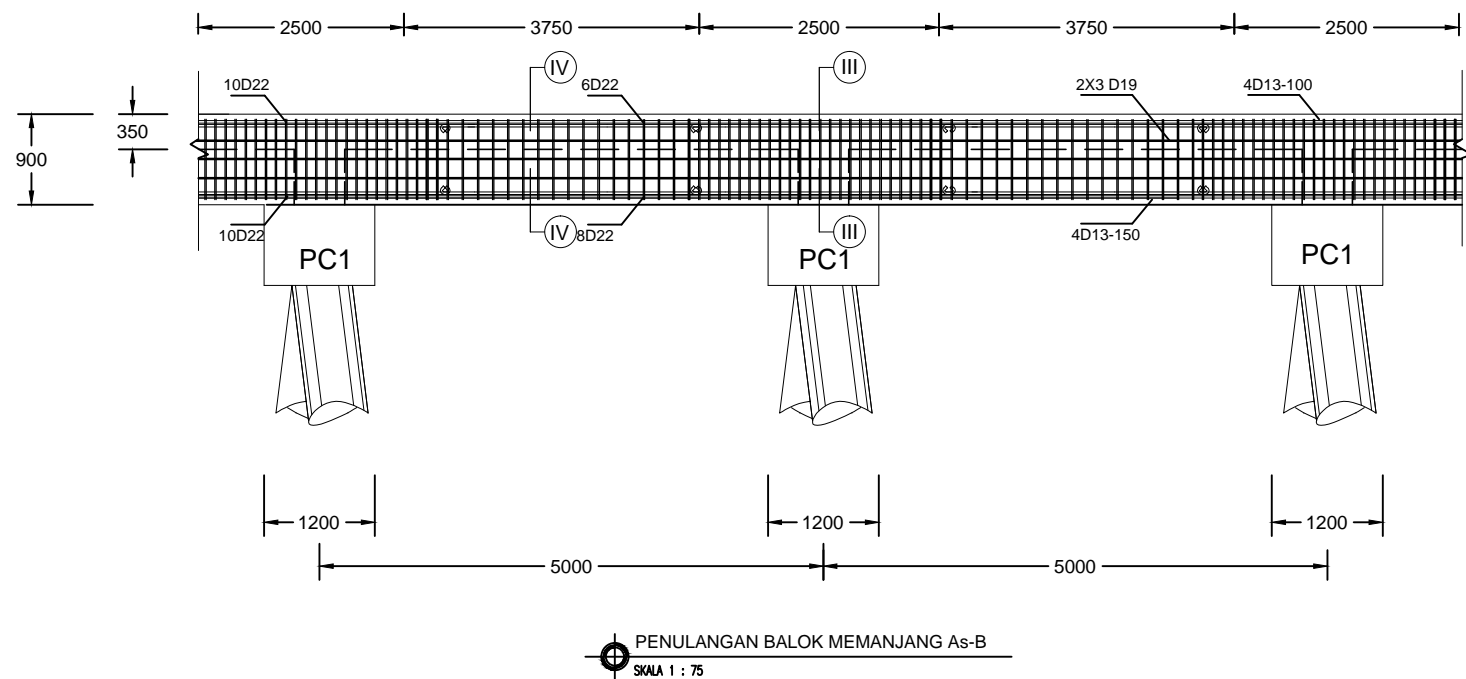
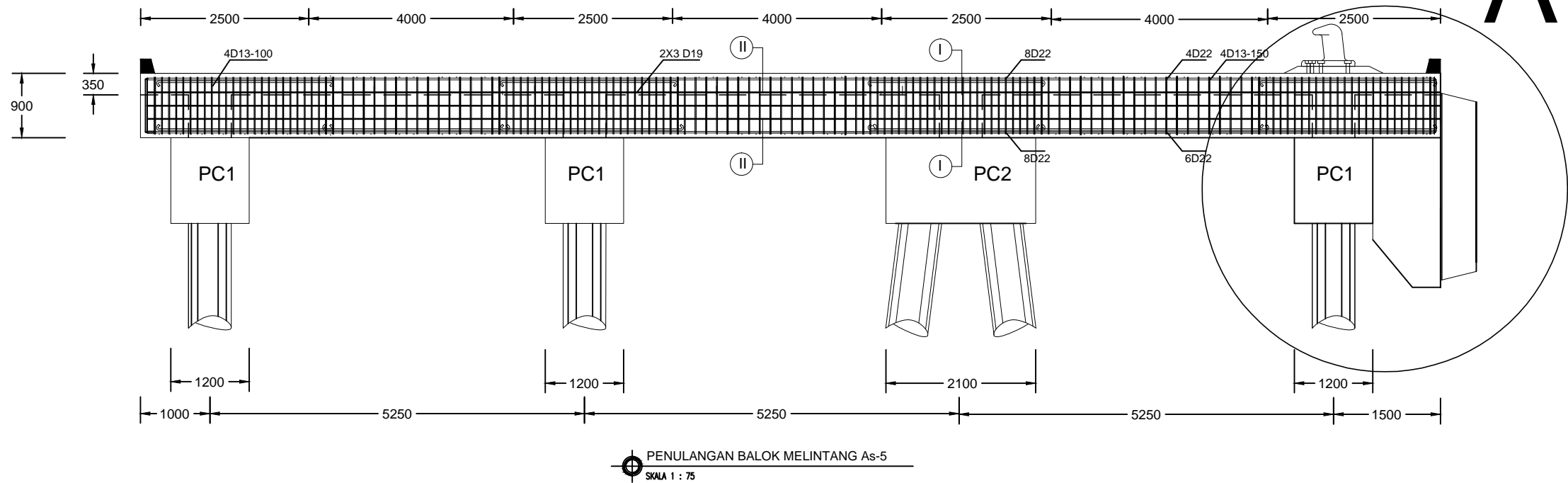
DETAIL BALOK LISPLANK  
SKALA 1 : 25



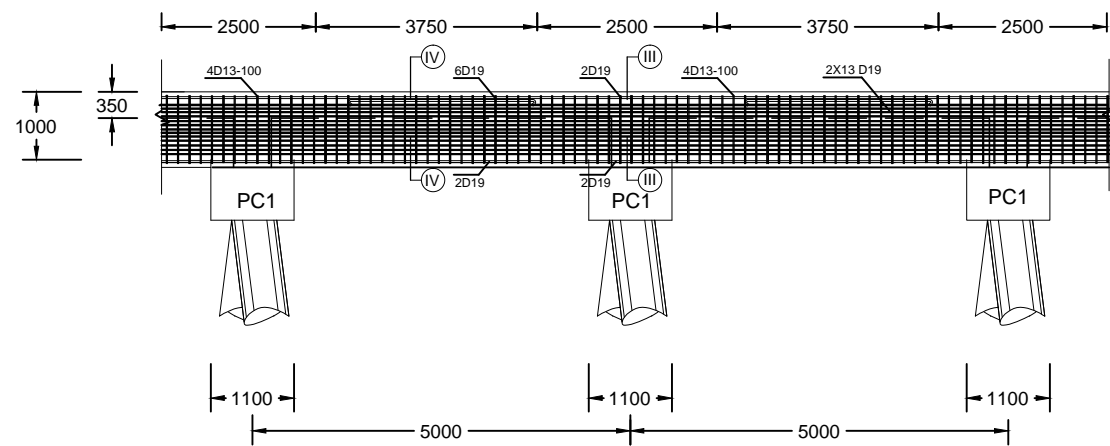
DETAIL BALOK TRESTLE  
SKALA 1 : 25



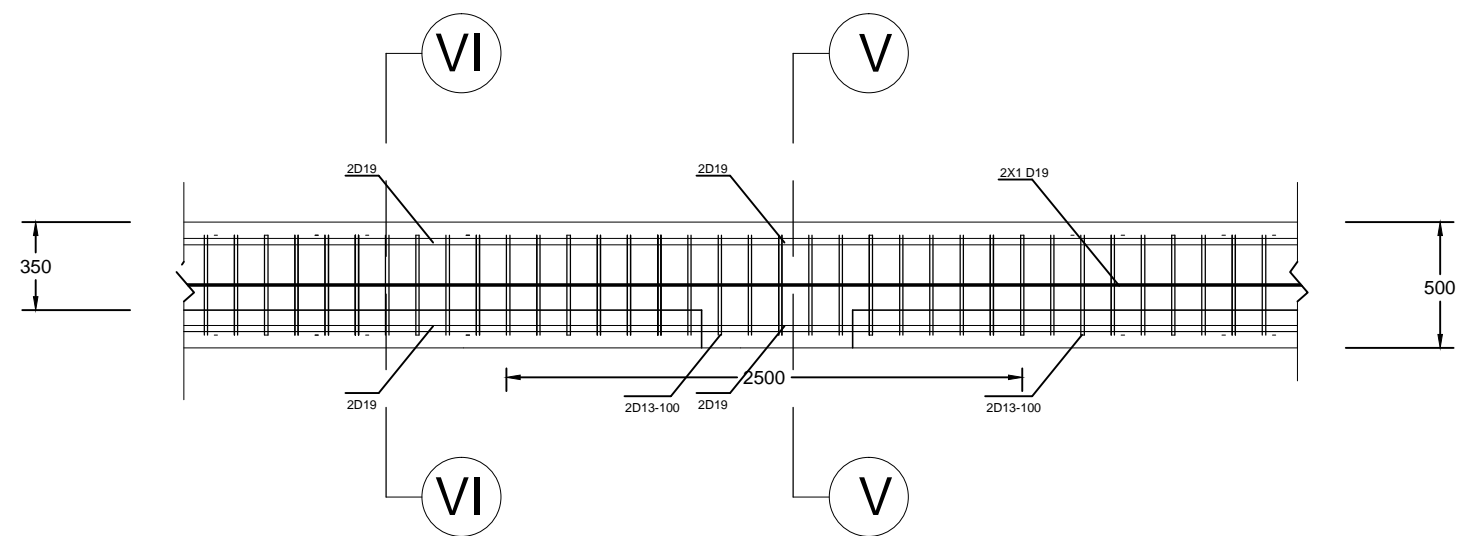
A



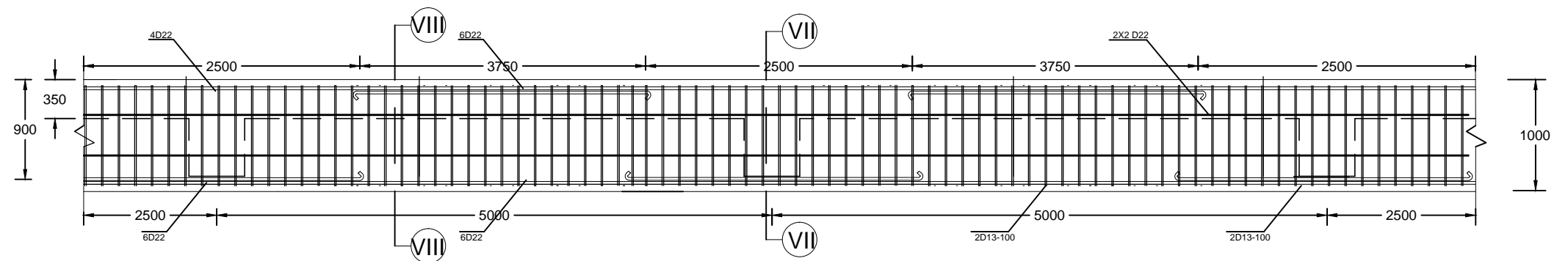




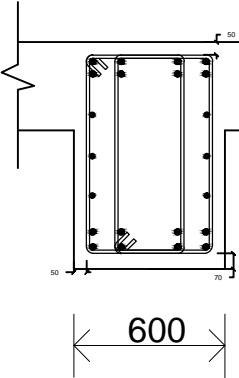
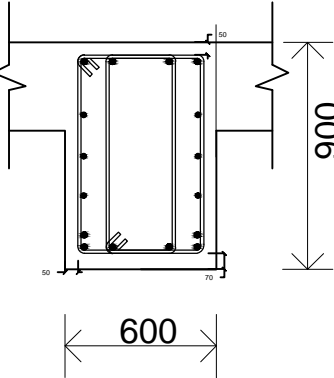
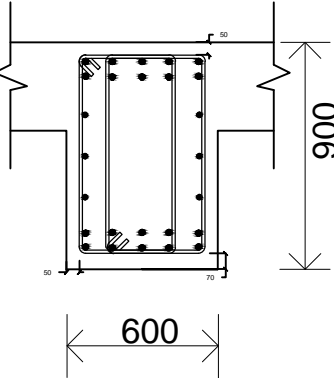
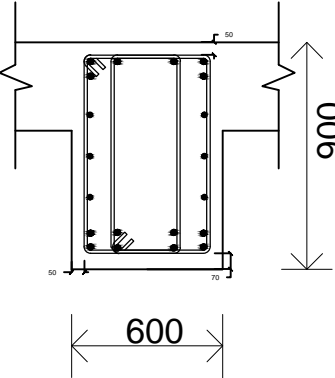
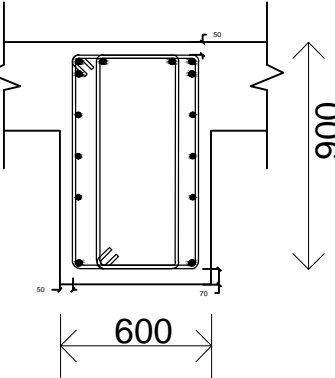
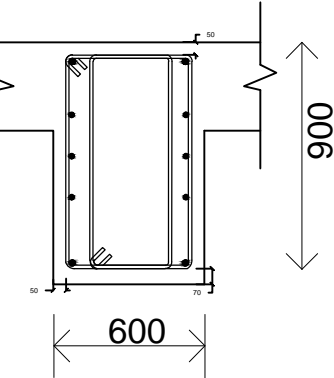
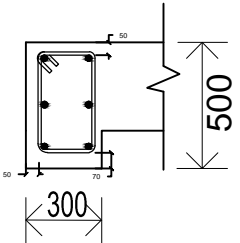
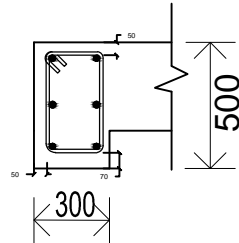
**PENULANGAN BALOK CRANE MEMANJANG As-A**  
SKALA 1 : 75



**PENULANGAN BALOK TEPI As-F**  
SKALA 1 : 30




**PENULANGAN BALOK LISPLANK As-G**  
SKALA 1 : 50

TYPE	BALOK MELINTANG (B1)		BALOK MEMANJANG (B2)		BALOK CRANE (B3)		BALOK TEPI (B4)	
DIMENSI	600X900		600X900		600X1000		300X500	
MUTU BETON	K 350		K 350		K 350		K 350	
DAERAH	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN	I	II	III	IV	V	VI	V	VI
DETAIL								
SELIMUT BETON	70 mm	70 mm	70 mm	70 mm	70 mm	70 mm	70 mm	70 mm
TUL. LENTUR ATAS	8 D22	4 D22	10 D22	6 D22	6 D22	2 D22	2 D19	2 D19
TUL. LENTUR BAWAH	8 D22	6 D22	10 D22	8 D22	6 D22	2 D22	2 D19	2 D19
TUL. GESER	4 D13- 100	4 D13- 150	4 D13- 100	4 D13-150	4 D13- 100	4 D13- 100	2 D13- 100	2 D13- 100
TUL. PUNTIR	2X3 D19	2X3 D19	2X3 D19	2X3 D19	2X3 D19	2X3 D19	2X1 D19	2X1 D19

DETAIL PENULANGAN

SKALA 1 : 30


	JUDUL TUGAS AKHIR	NAMA GAMBAR	SKALA	MAHASISWA I	MAHASISWA II	Menyetujui	No Gambar	Jumlah Gbr
	MODIFIKASI DESIGN STRUKTUR DERMAGA BATUBARA PT. GRESIK JASATAMA UNTUK KAPAL 5000 DWT, GRESIK-JAWATINUR	Rekapan Detail Penulangan	1 : 30	<u>YUDHISTIRA M A</u> NRP. 3114 030 112	<u>M. PRIO AMBODO</u> NRP. 3114 030 127	<u>R. Buyung Anugraha A, ST., MT</u> NIP. 19740203 200212 1 002	10	20

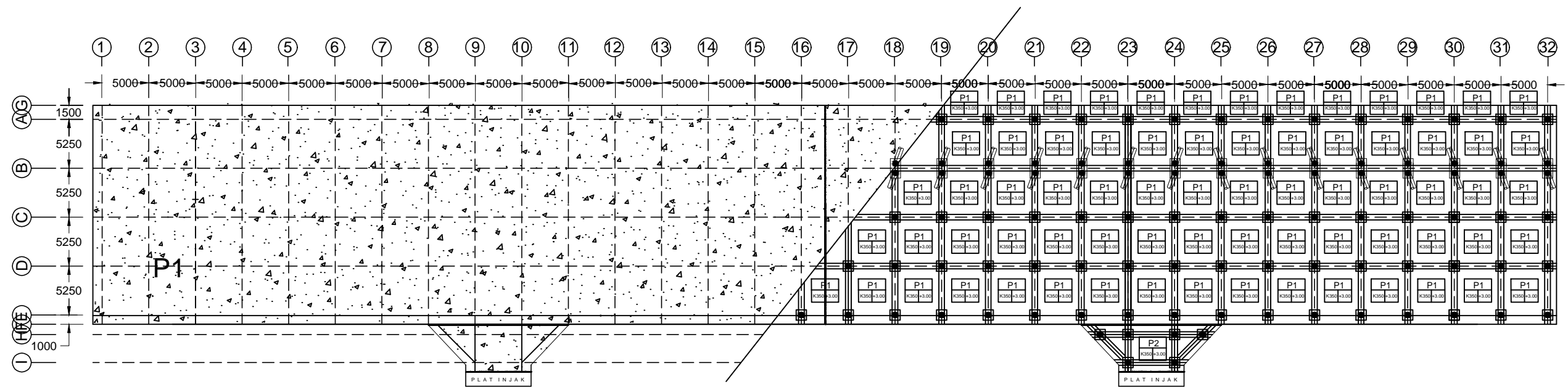
TYPE	BALOK LISPLANK (B5)		BALOK TRESTLE (B6)	
DIMENSI	400X1000		500X800	
MUTU BETON	K 350		K 350	
DAERAH	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN	VII	VIII	IX	X
DETAIL				
SELIMUT BETON	70 mm	70 mm	70 mm	70 mm
TUL. LENTUR ATAS	6 D22	6 D22	10 D19	4 D19
TUL. LENTUR BAWAH	4 D22	6 D22	8 D19	2 D19
TUL. GESER	2 D13- 100	2 D13- 100	4 D13- 100	4 D13- 150
TUL. PUNTIR	2X2 D22	2X2 D22	2X3 D19	2X3 D19



DETAIL PENULANGAN

SKALA 1 : 30

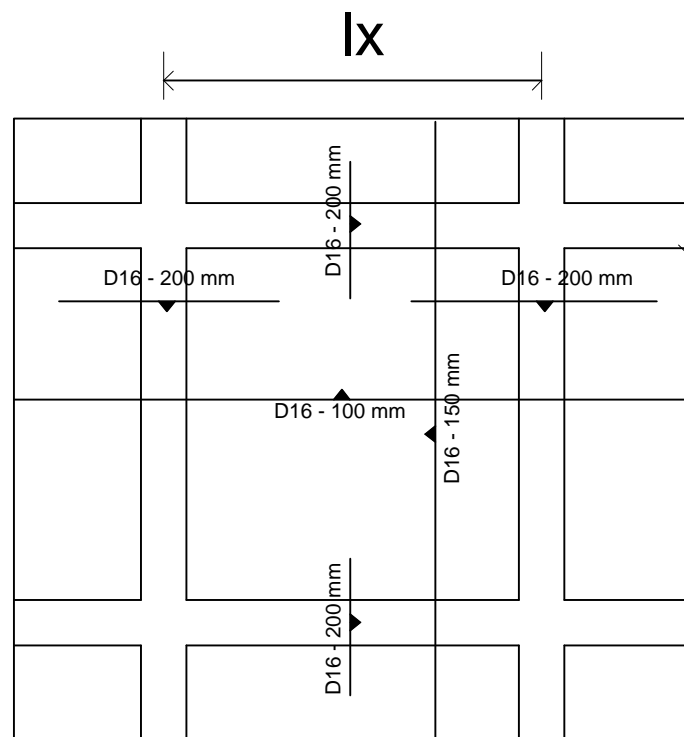
	JUDUL TUGAS AKHIR	NAMA GAMBAR	SKALA	MAHASISWA I	MAHASISWA II	Menyetujui	No Gambar	Jumlah Gbr
	MODIFIKASI DESIGN STRUKTUR DERMAGA BATUBARA PT. GRESIK JASATAMA UNTUK KAPAL 5000 DWT, GRESIK-JAWATINUR	Rekapan Detail Penulangan	1 : 30	YUDHISTIRA M A NRP. 3114 030 112	M. PRIO AMBODO NRP. 3114 030 127	R. Buyung Anugraha A, ST., MT NIP. 19740203 200212 1 002	11	20



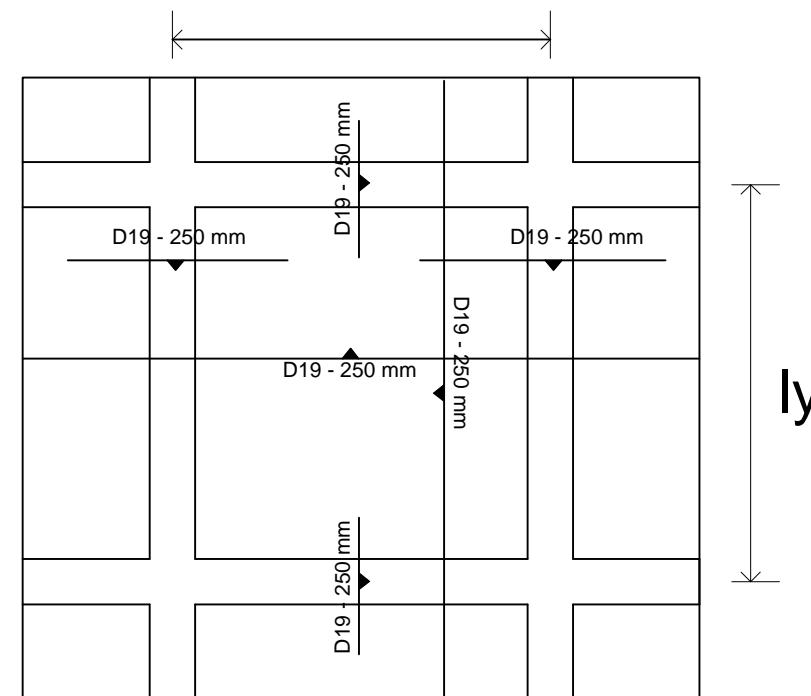
**P1**  $t = 35 \text{ cm}$   
 $el = + 3.00 \text{ m}$   
 $\text{mutu beton} = \text{k350}$

**P2**  $t = 35 \text{ cm}$   
 $el = + 3.00 \text{ m}$   
 $\text{mutu beton} = \text{k350}$

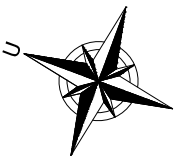
 **DENAH PLAT DERMAGA**  
 SKALA 1 : 500

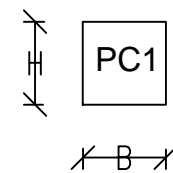
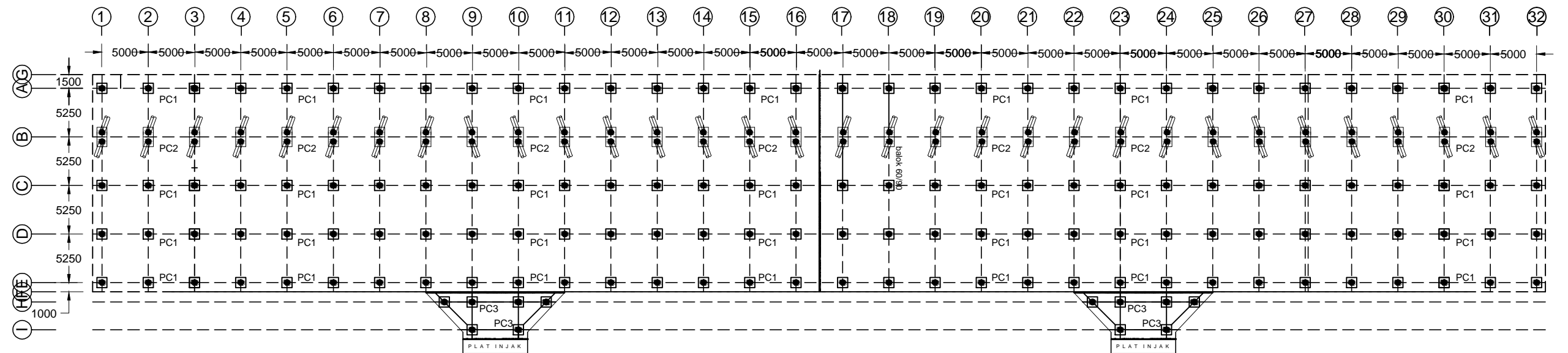


 **PENULANGAN PLAT DERMAGA (P1)**  
 SKALA 1 : 100

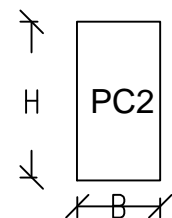


 **PENULANGAN PLAT TRESTLE (P2)**  
 SKALA 1 : 100

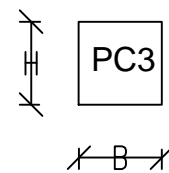




H = 110 cm  
B = 110 cm  
T = 120 cm  
mutu beton = K500

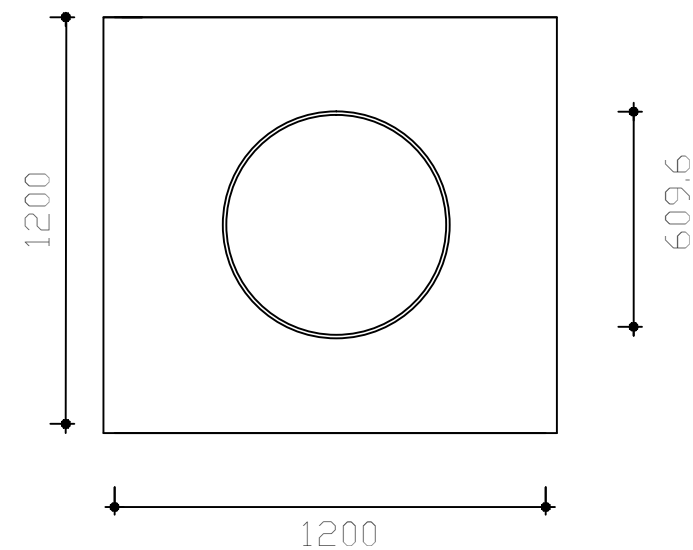


H = 210 cm  
B = 110 cm  
T = 120 cm  
mutu beton = K500

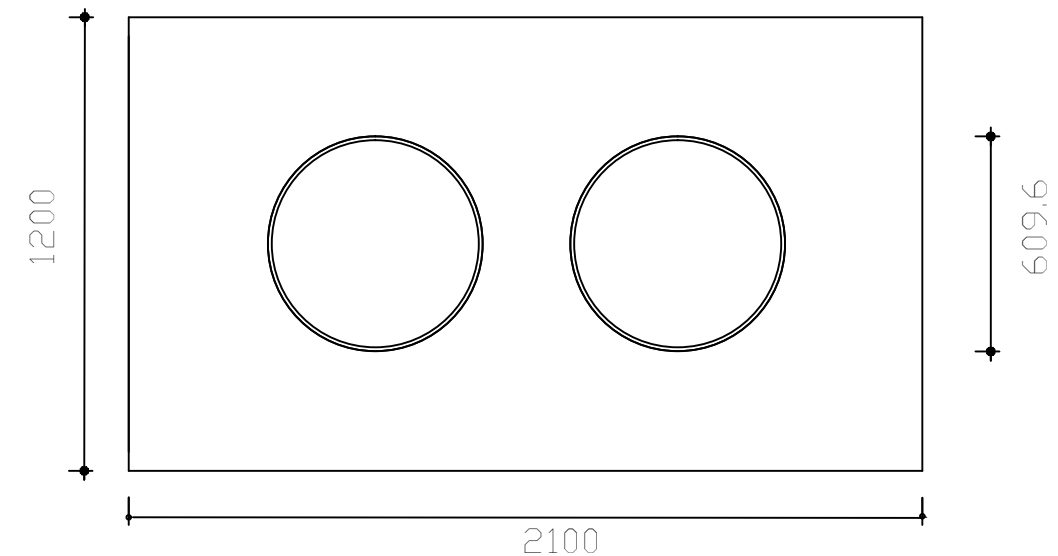


H = 110 cm  
B = 110 cm  
T = 100 cm  
mutu beton = K500

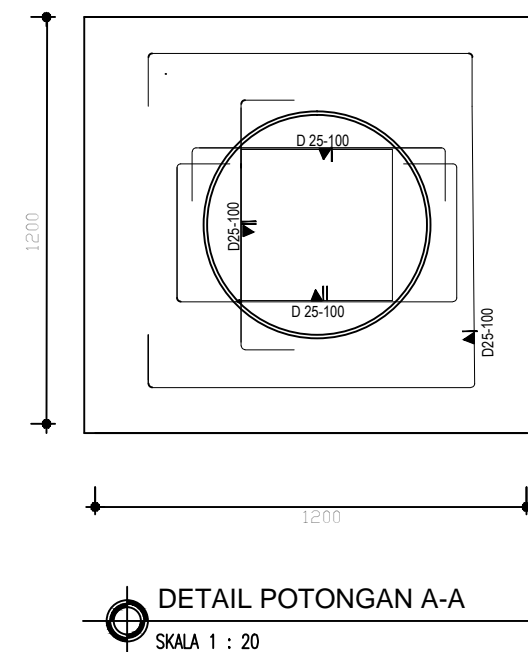
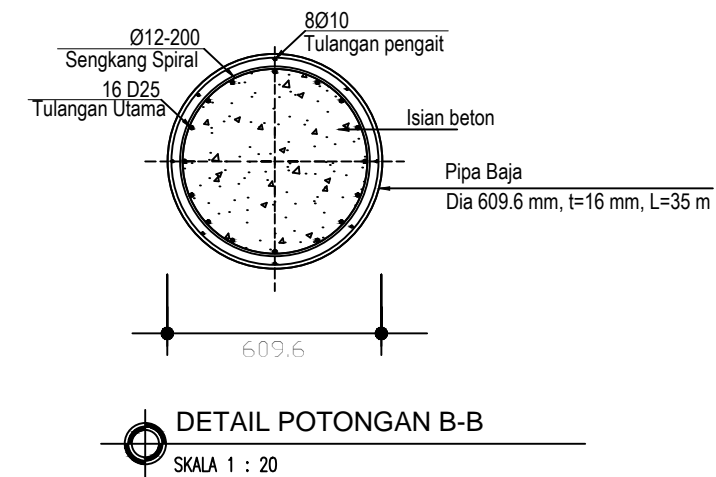
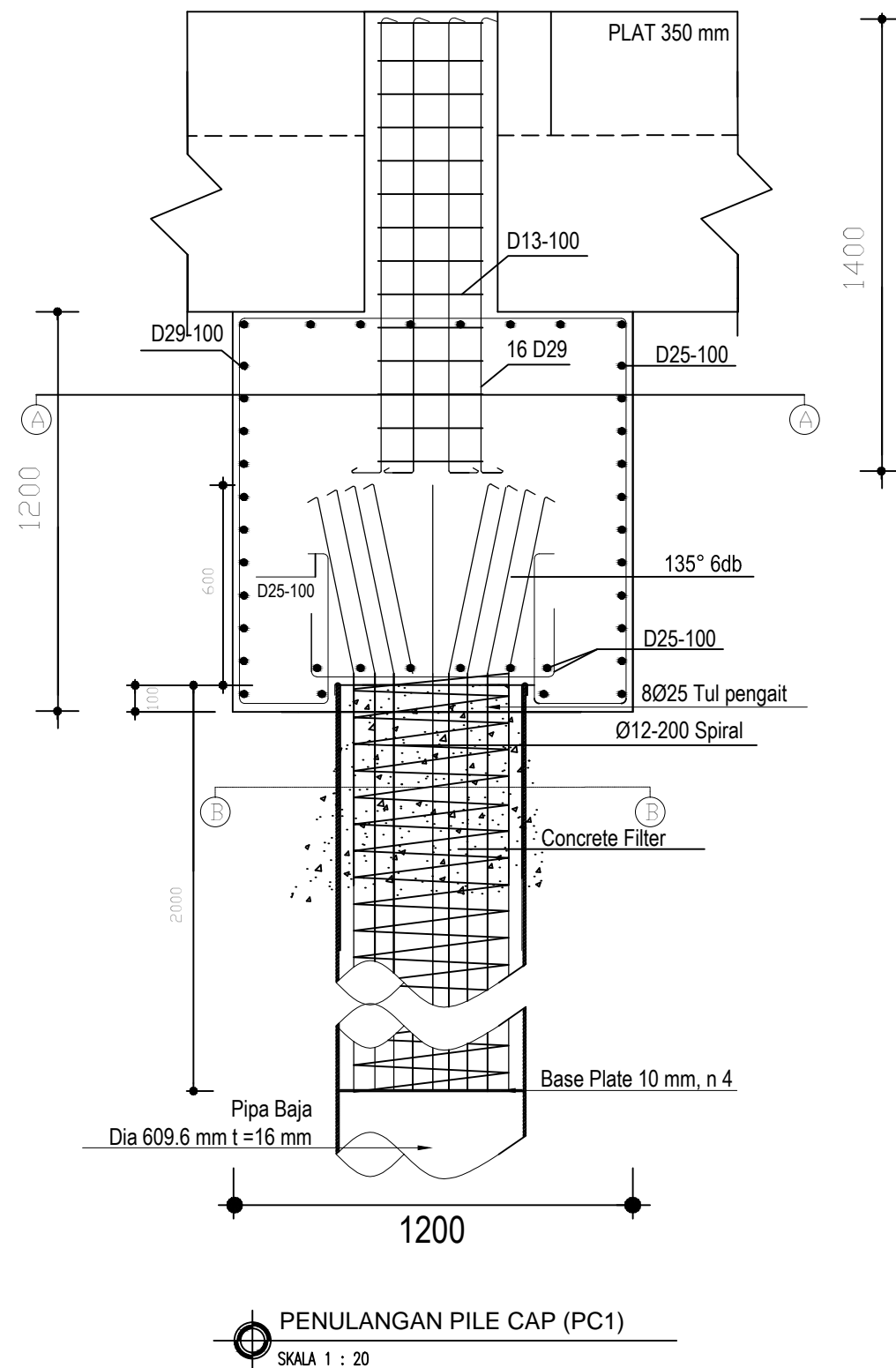
**DENAH PILE CAP & TIANGPANCANG**  
SKALA 1 : 500

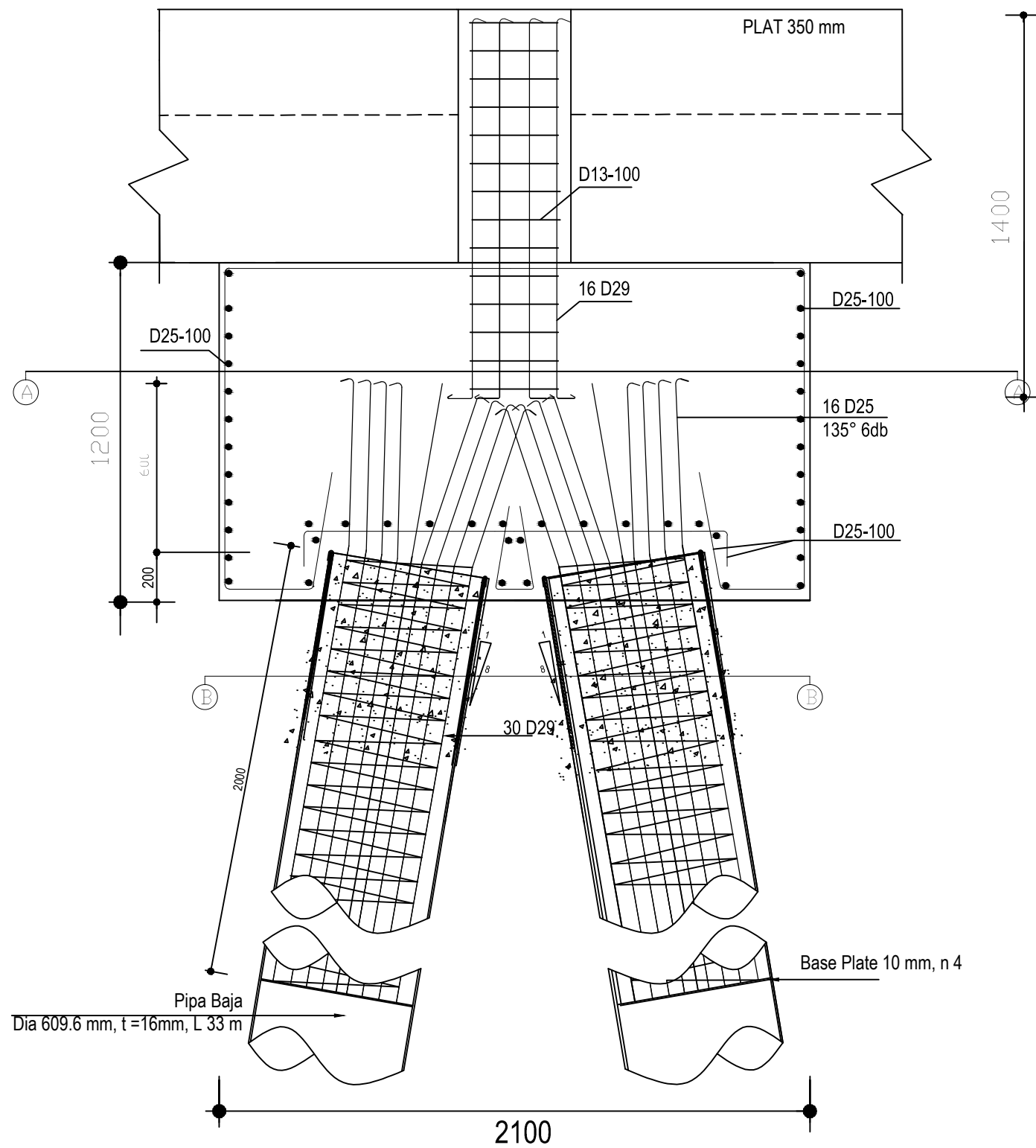


**DETAIL PILE CAP (PC1)**  
SKALA 1 : 5

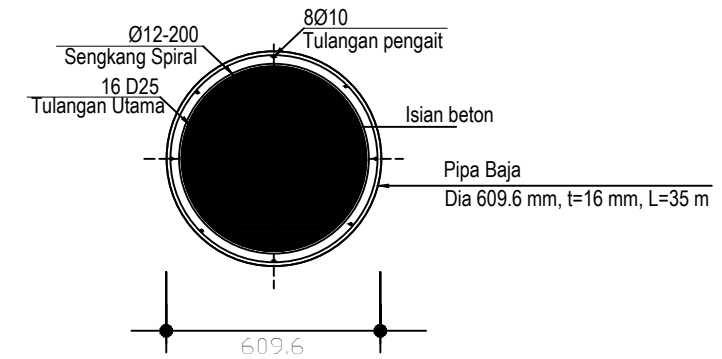


**DETAIL PILE CAP (PC2)**  
SKALA 1 : 5

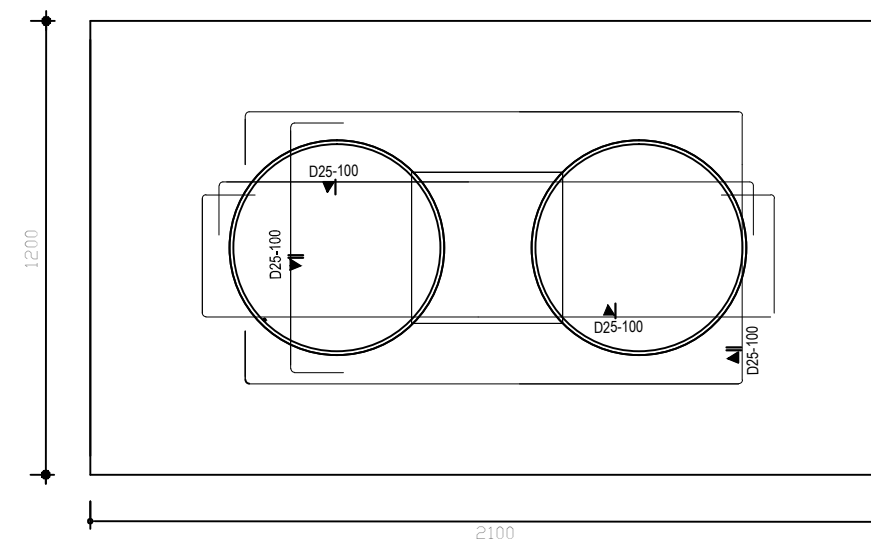




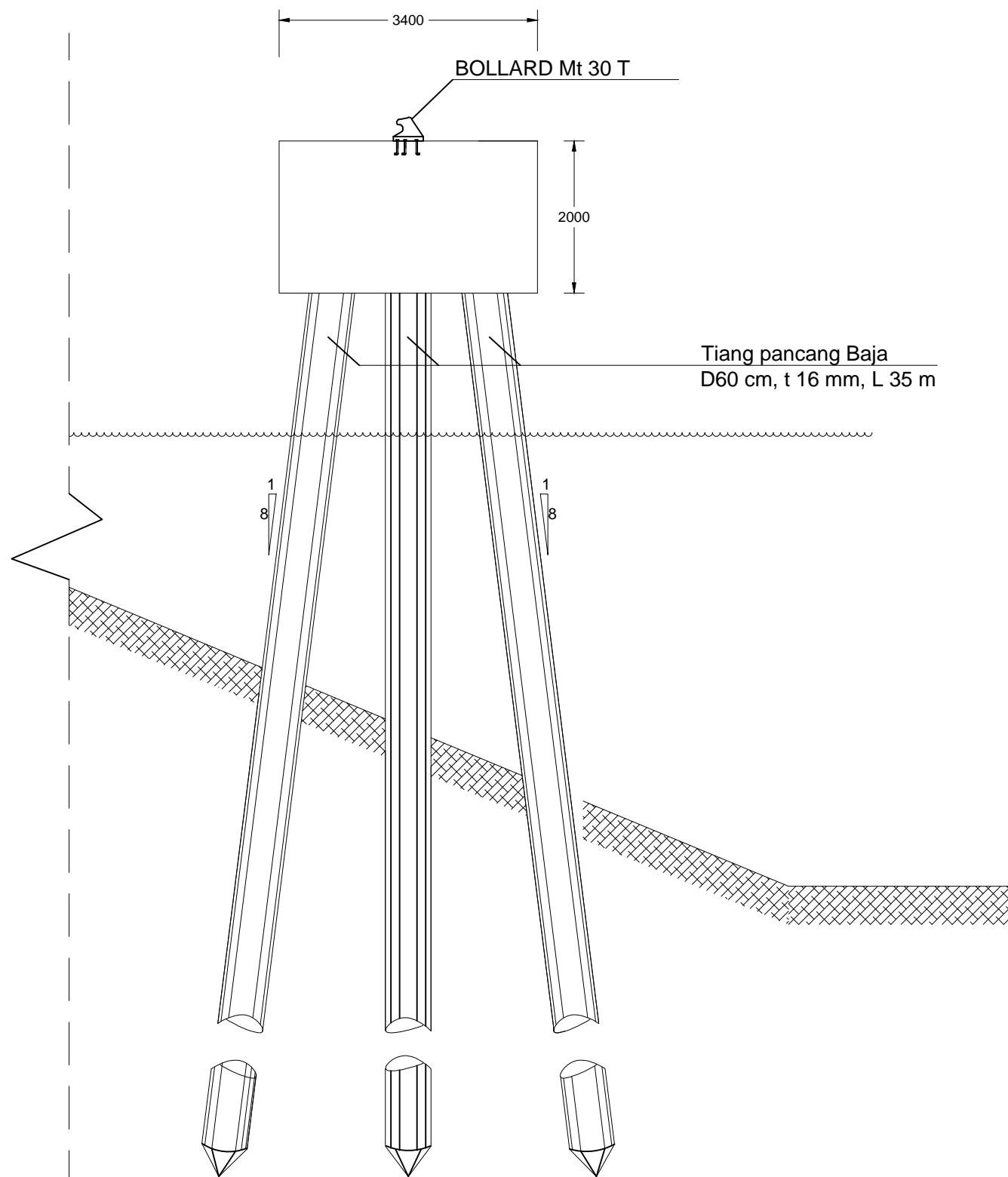
**PENULANGAN BALOK TEPI As-F**  
SKALA 1 : 5



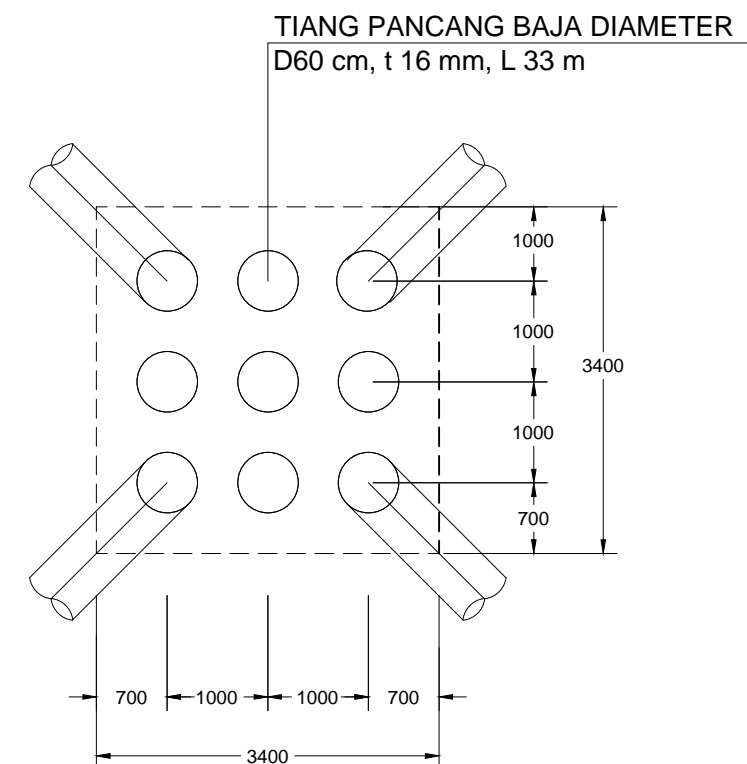
**DETAIL POTONGAN B-B**  
SKALA 1 : 5



**DETAIL POTONGAN A-A**  
SKALA 1 : 5

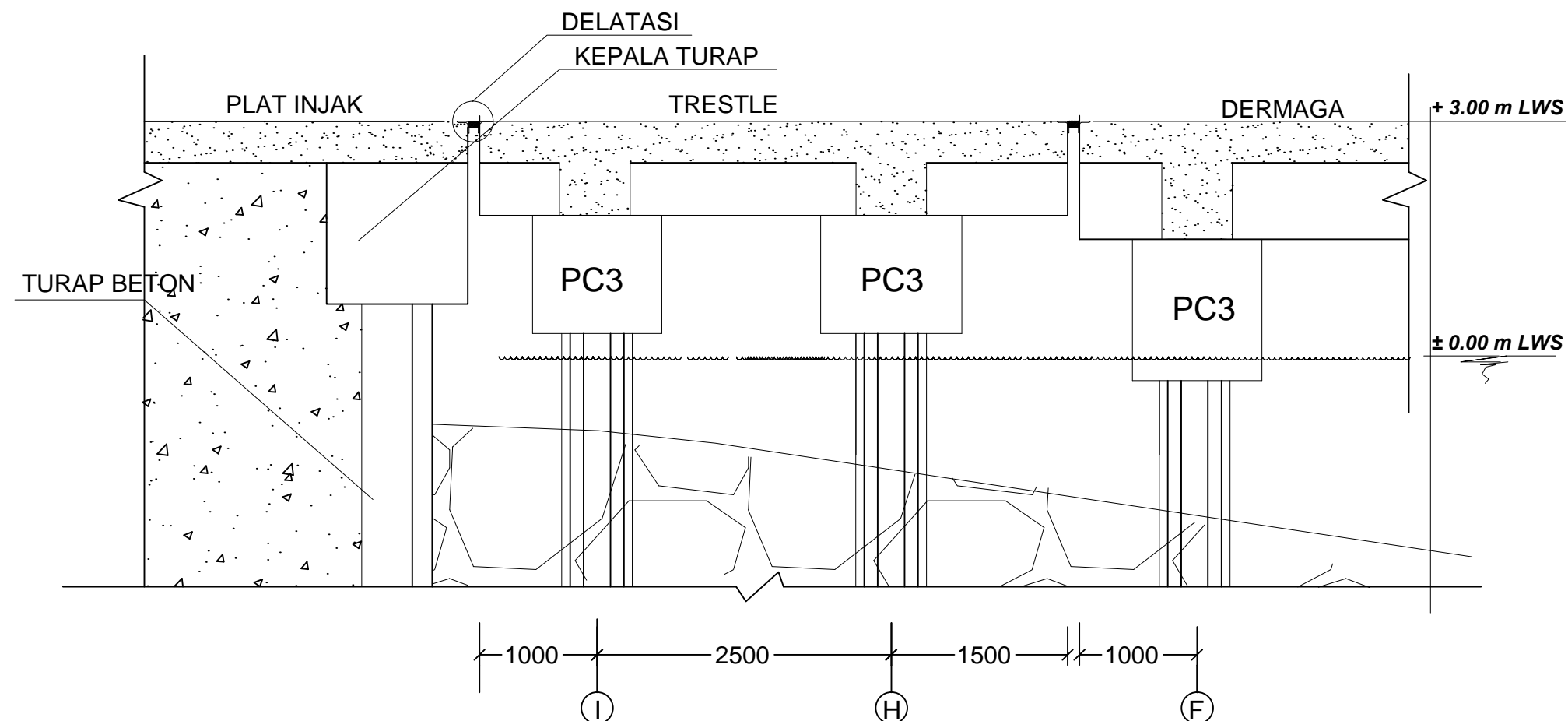


 **TAMPAK SAMPING MOORING DOLPHIN**  
SKALA 1 : 75

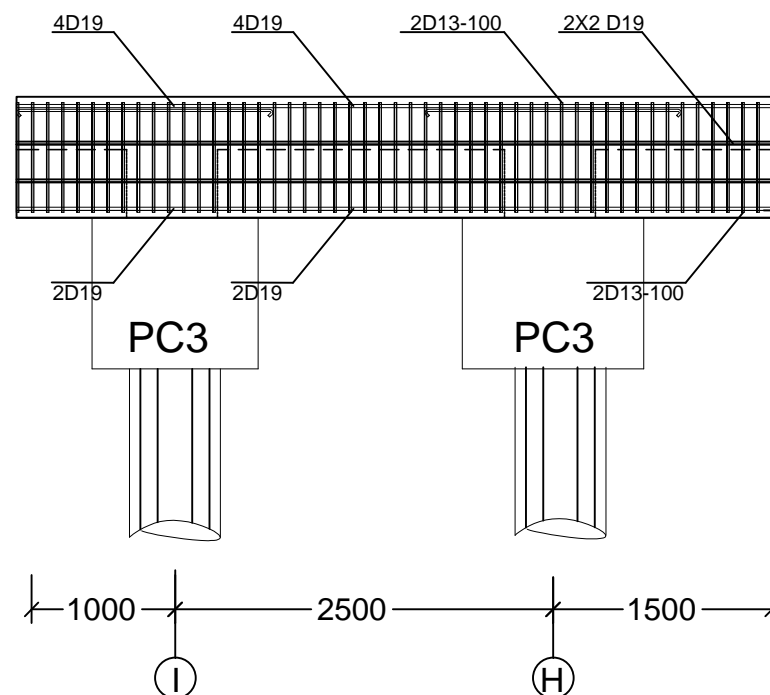


 **DENAH TIANG PANCANG DOLPHIN**  
SKALA 1 : 75

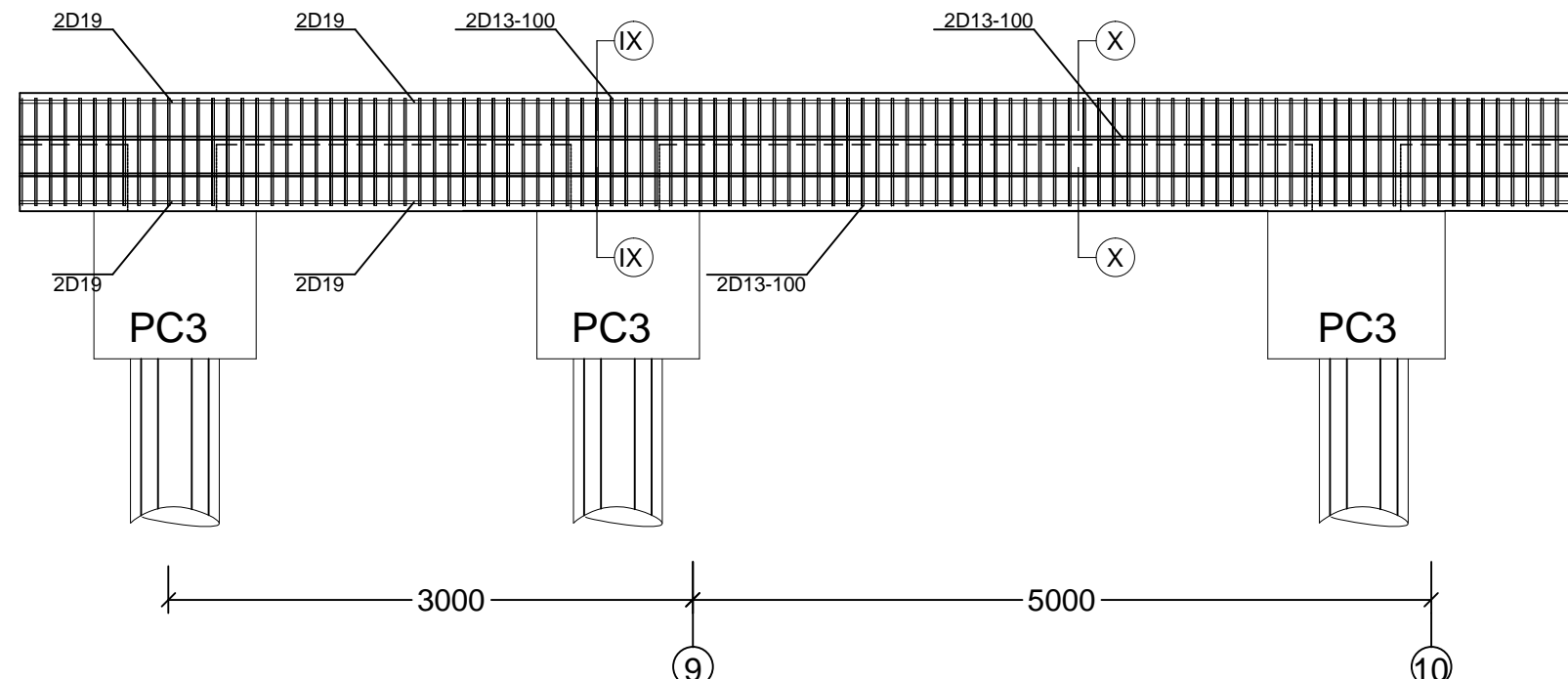




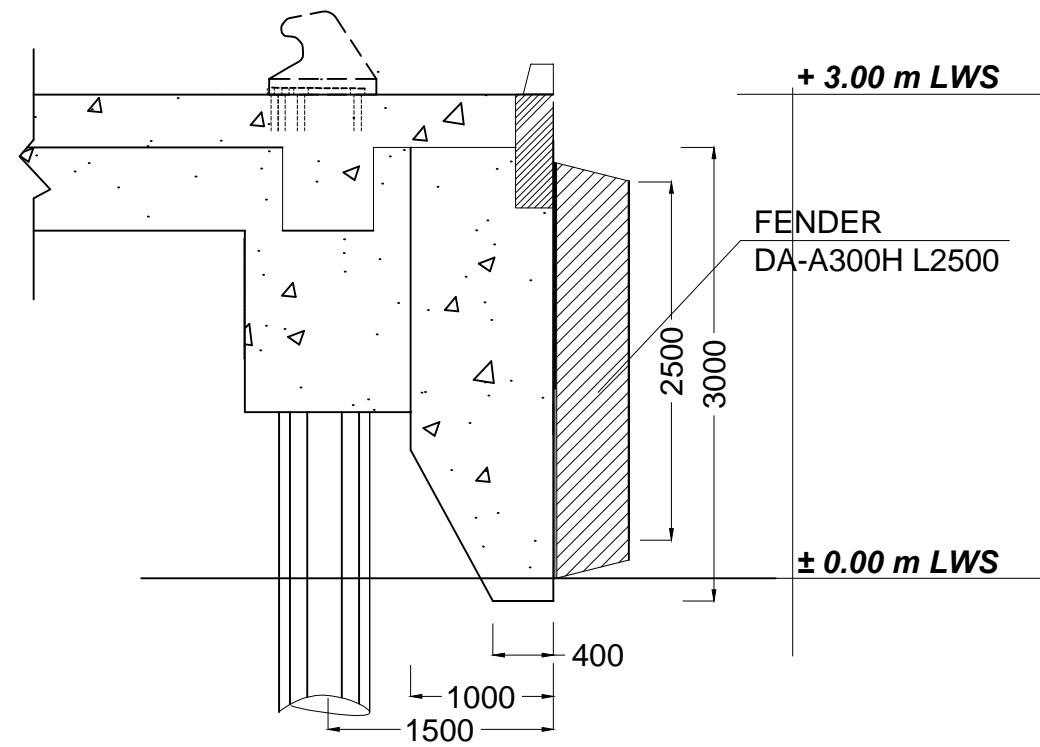
POTONGAN MELINTANG TRESTLE (As 9)  
SKALA 1 : 100



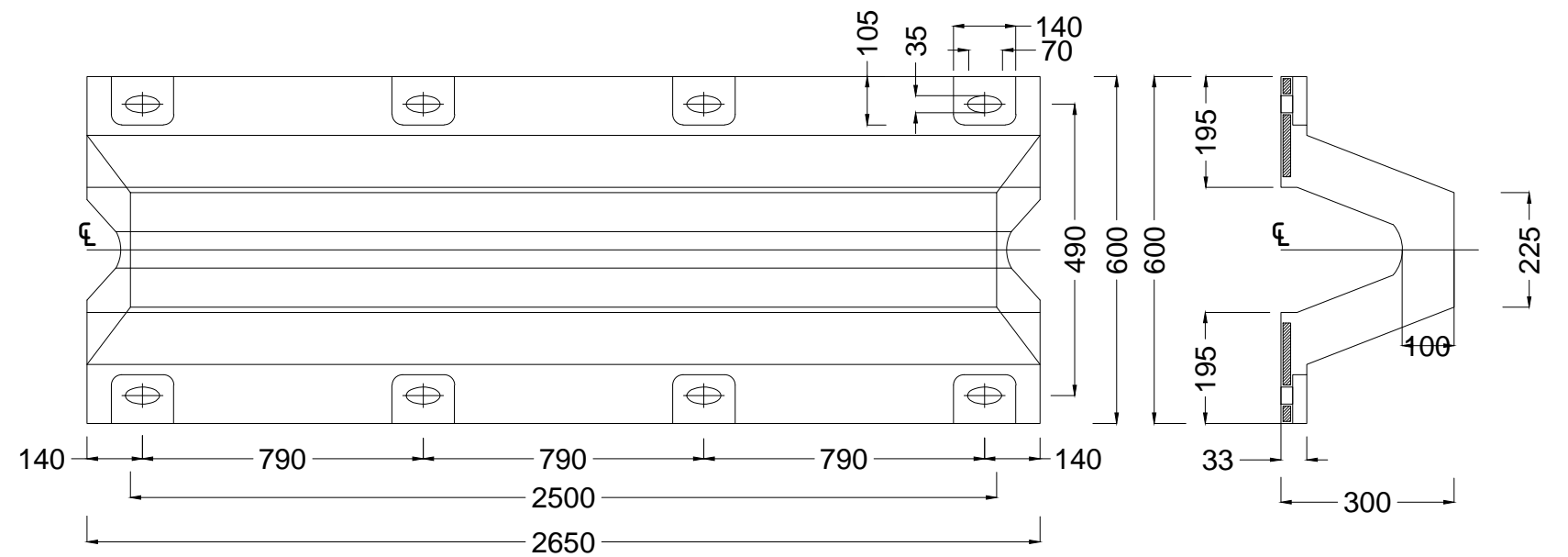
PENULANGAN MELINTANG BALOK TRESTLE  
SKALA 1 : 100



PENULANGAN MEMANJANG BALOK TRESTLE  
SKALA 1 : 100

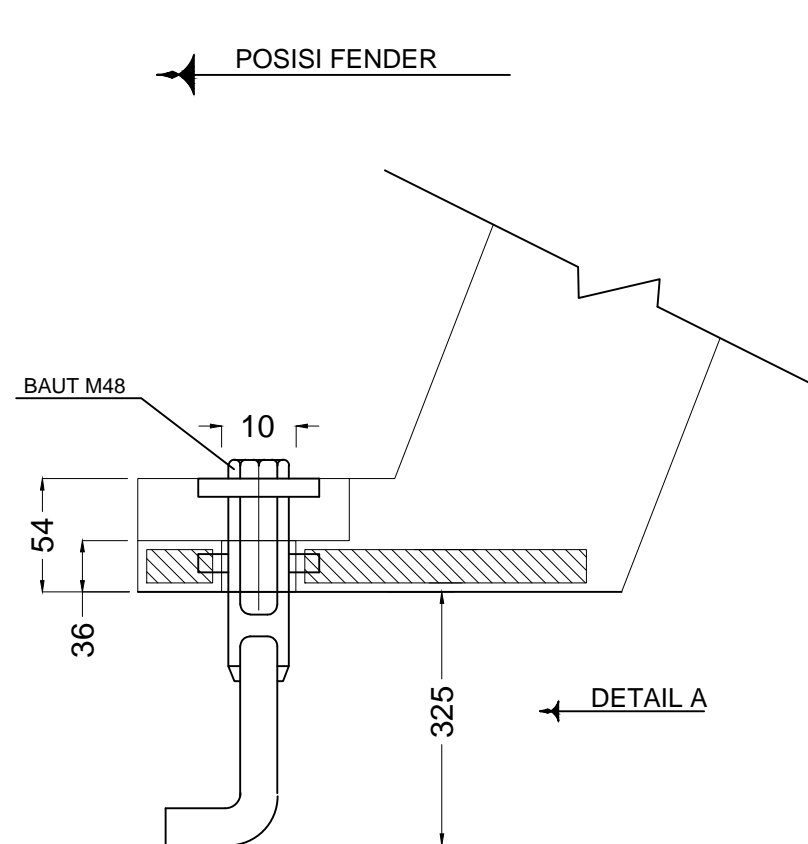


← POSISI FENDER

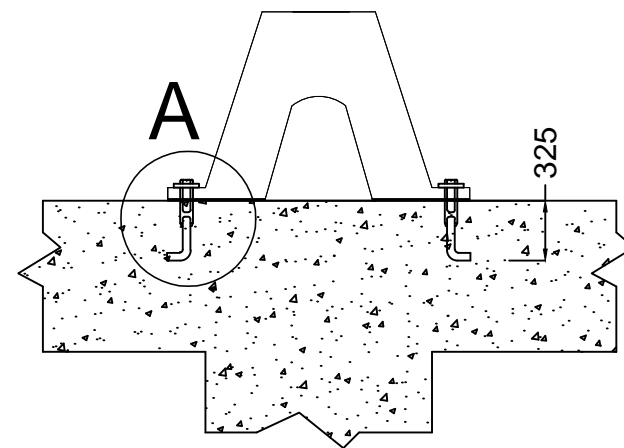


← TAMPAK DEPAN FENDER

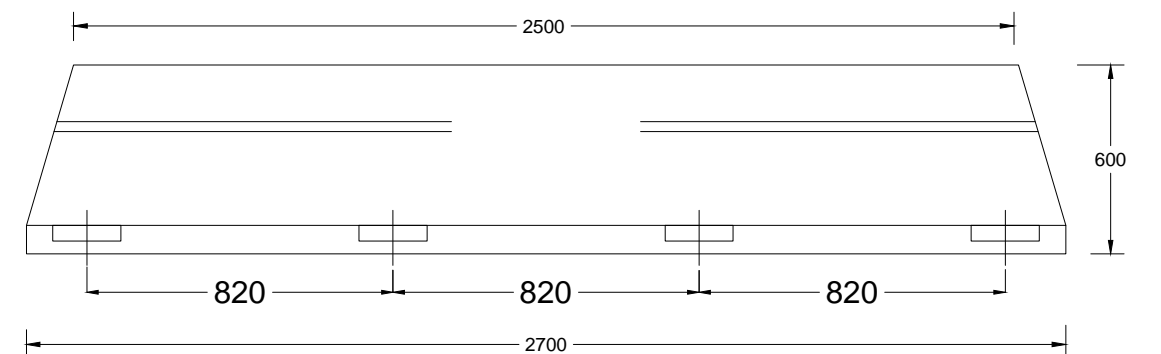
← TAMPAK ATAS FENDER



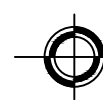
← DETAIL A



← POSISI FENDER DENGAN BALOK

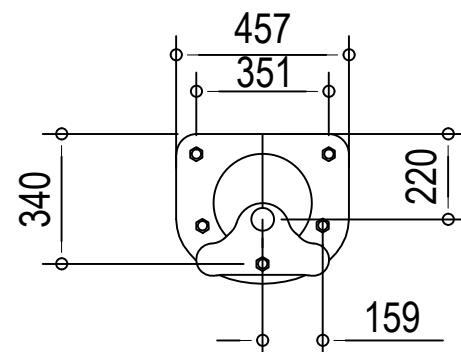


← TAMPAK DEPAN FENDER

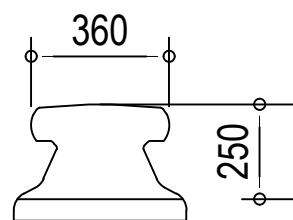


DETAIL FENDER DA-A300H L 2500

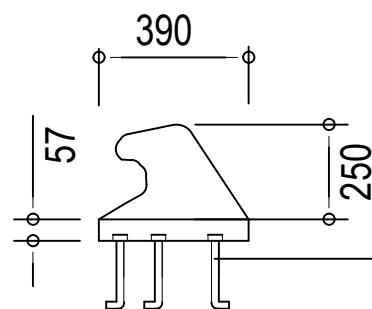
SKALA 1 : 20



TAMPAK ATAS BOLLARD



TAMPAK DEPAN BOLLARD



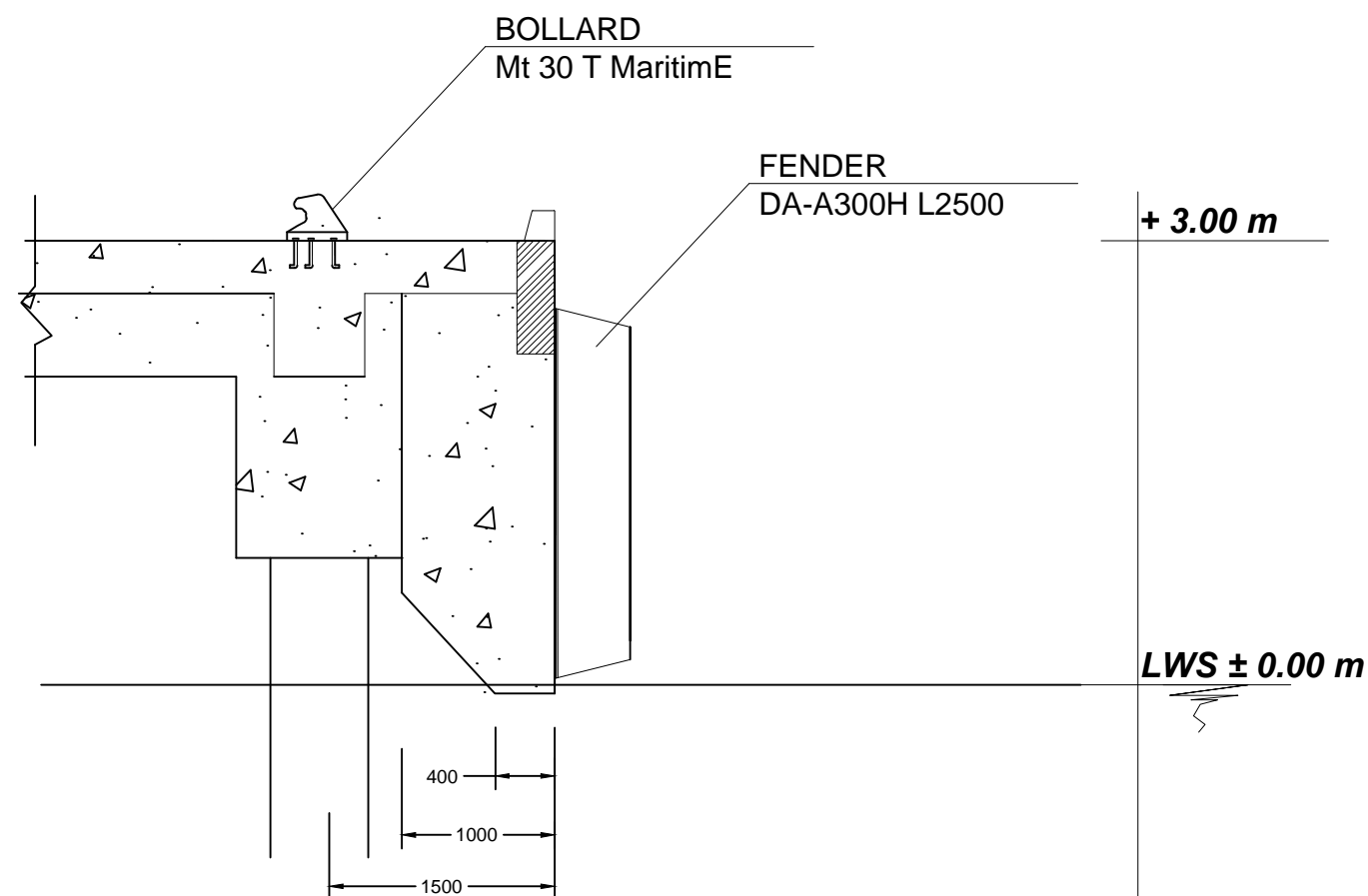
Baut M30, n : 4  
L 450 mm, Qty 5mm

TAMPAK SAMPING BOLLARD



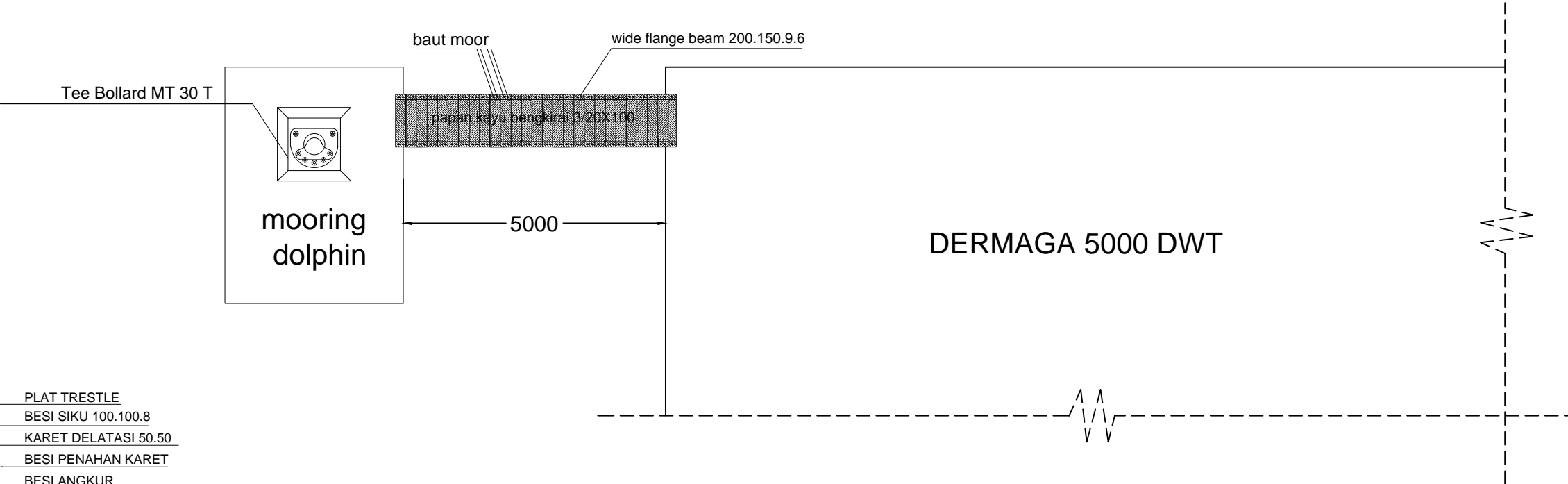
### DETAIL BOLLARD

SKALA 1 : 10

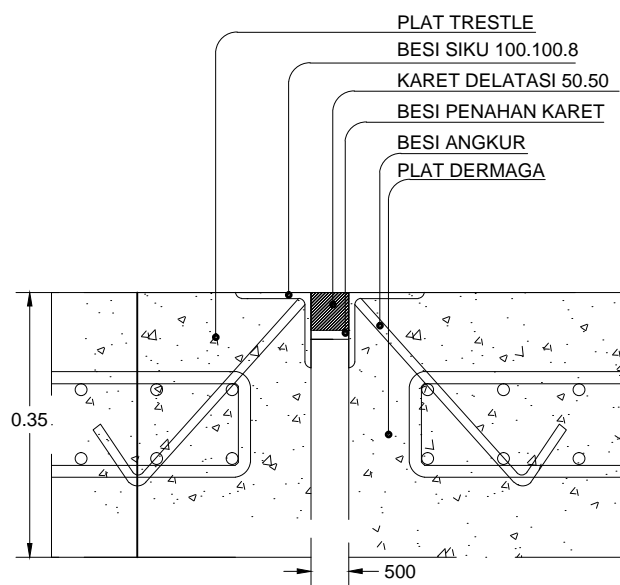


### POSISI BOLLARD

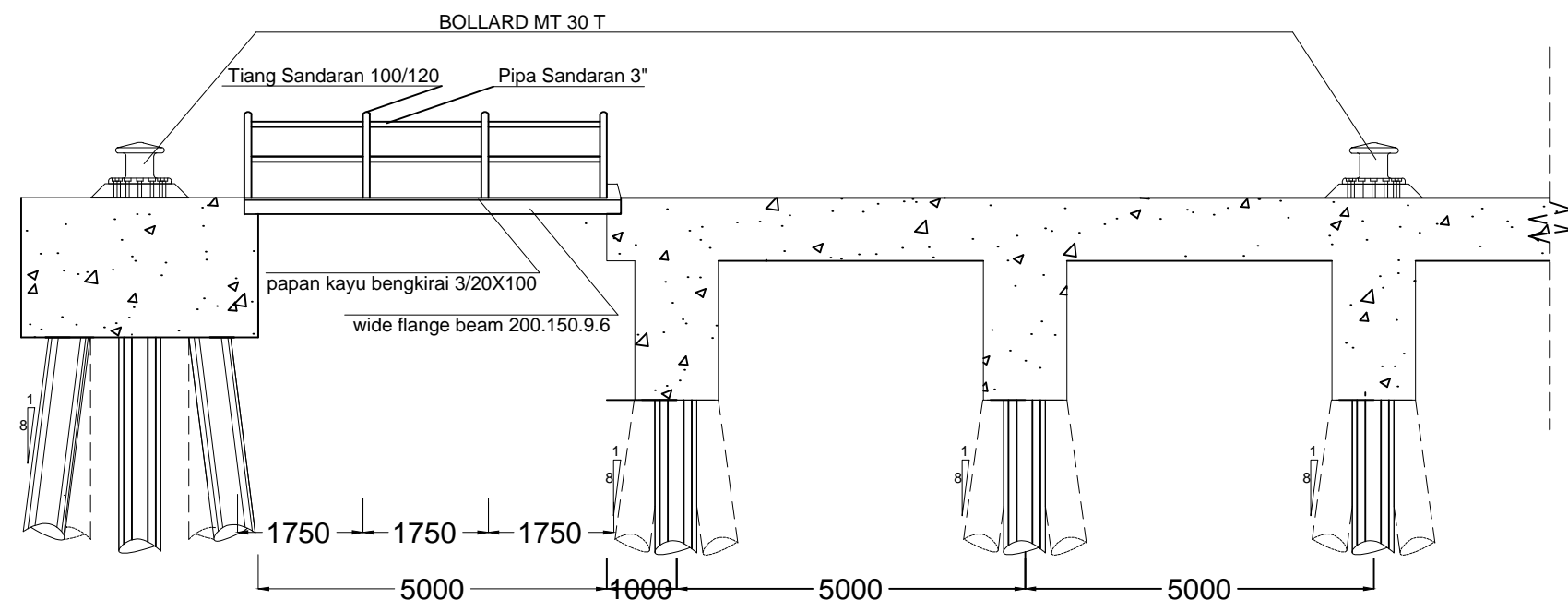
SKALA 1 : 50



TAMPAK ATAS CATWALK  
SKALA 1 : 100



DETAIL DELATASI  
SKALA 1 : 10



TAMPAK SAMPING CATWALK  
SKALA 1 : 100



JUDUL TUGAS AKHIR	NAMA GAMBAR	SKALA	MAHASISWA I	MAHASISWA II	Menyetujui	No Gambar	Jumlah Gbr
MODIFIKASI DESIGN STRUKTUR DERMAGA BATUBARA PT. GRESIK JASATAMA UNTUK KAPAL 5000 DWT, GRESIK-JAWATIMUR	Detail Catwalk & Delatasi	1 : 100	YUDHISTIRA M A NRP. 3114 030 112	M. PRIO AMBODO NRP. 3114 030 127	R. Buyung Anugraha A, ST., MT NIP. 19740203 200212 1 002	20	20